

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
4. Oktober 2001 (04.10.2001)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
WO 01/72571 A2

(51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: B62D 5/04, 6/00  
// 101:00, 113:00, 119:00, 121:00, 153:00

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP01/03354

(22) Internationales Anmeldedatum:  
23. März 2001 (23.03.2001)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:

100 15 233.3	27. März 2000 (27.03.2000)	DE
100 51 968.7	20. Oktober 2000 (20.10.2000)	DE
100 51 969.5	20. Oktober 2000 (20.10.2000)	DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): CONTINENTAL TEVES AG & CO. OHG  
[DE/DE]; Guerickestrasse 7, 60488 Frankfurt (DE).

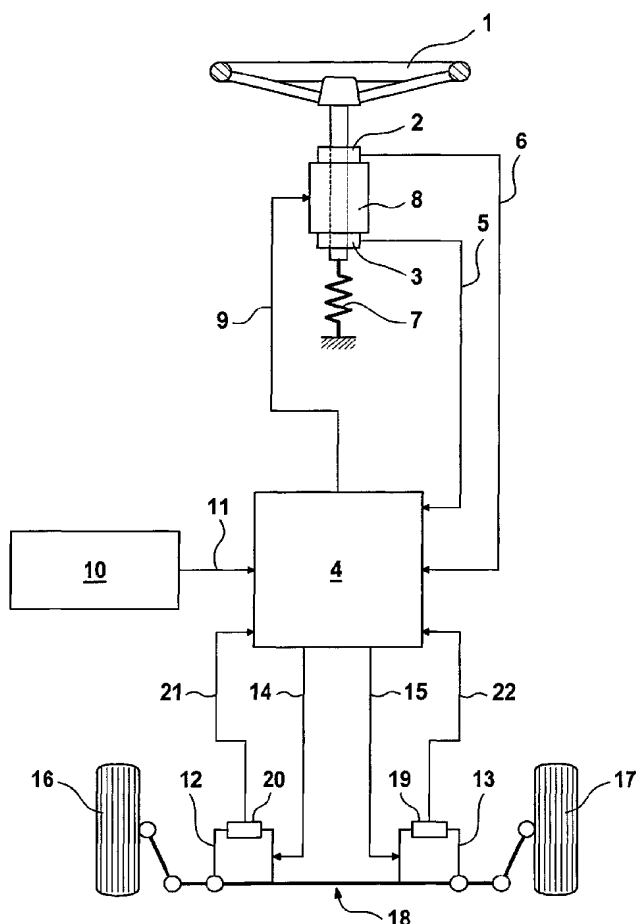
(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): RIETH, Peter  
[DE/DE]; Keilstrasse 3, 65343 Eltville (DE). ECKERT,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: VEHICLE STEERING SYSTEM AND AXLE GUIDE MODULE FOR A VEHICLE STEERING SYSTEM

(54) Bezeichnung: FAHRZEUGLENKUNG UND ACHSLENKMODUL FÜR EINE FAHRZEUGLENKUNG



(57) Abstract: The invention relates to a vehicle steering system, comprising a steering operating device, in particular, a hand steering wheel, which may be operated by the driver, an actuator for the control of each of the steerable wheels of a wheel pair on a steerable vehicle axis, to the right and left hand side of a vehicle chassis and means by which steering of one of the both vehicle wheels on said vehicle axle may be guaranteed, by the other still functioning actuator, in the case of a failure or a fault with one of the both actuators connected to the steering vehicle axle. The invention further relates to at least one set-value transmitter, which monitors the steering angle to be set, as operated by the steering operating device, at least one actual-value transmitter, which monitors the steering angle of the vehicle wheels, a central control unit, which controls the electromechanical actuators, depending on a comparison of a signal from the actual-value transmitter (actual value) with a signal from the set-value transmitter (set value) and a data transmission unit, which establishes a data connection between the central control unit and the electro-mechanical actuators.

(57) Zusammenfassung: Die Fahrzeuglenkung weist eine vom Fahrer betätigbare Lenkbetätigungseinrichtung, insbesondere Lenkhandrad, jeweils ein elektromechanisches Stellaggregat zum Steuern jeweils eines rechts und links an einem Fahrzeugkörper befindlichen lenkbaren Rades eines Radpaares einer lenkbaren Fahrzeugachse, Mittel, die bei einem Ausfall oder einer Störung eines der beiden einer lenkbaren Fahrzeugachse zugeordneten Stellaggregate durch das jeweils andere, noch funktionstüchtige Stellaggregat die Steuerung der beiden Fahrzeugräder dieser Fahrzeugachse sicherstellen,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



WO 01/72571 A2



**Alfred** [DE/DE]; Lion-Feuchtwanger Strasse 137, 55129 Mainz-Hechtsheim (DE). **DRUMM, Stefan, A.** [DE/DE]; Burgunderstrasse 18, 55291 Saulheim (DE). **BÖHM, Jürgen** [DE/DE]; Im Bangert 8, 65558 Oberneisen (DE). **JUNGBECKER, Johann** [DE/DE]; Hauptstrasse 60, 55576 Badenheim (DE). **SCHWARZ, Ralf** [DE/DE]; In der Aue 30g, 69118 Heidelberg (DE). **HOFFMANN, Oliver** [DE/DE]; Schlossstrasse 116, 60486 Frankfurt (DE). **NELL, Joachim** [DE/DE]; Gustav-Hoch-Strasse 35, 63452 Hanau (DE). **LINKENBACH, Steffen** [DE/DE]; Lahnweg 14, 65760 Eschborn (DE).

**(74) Gemeinsamer Vertreter: CONTINENTAL TEVES AG & CO. OHG;** Guerickestrasse 7, 60488 Frankfurt (DE).

**(81) Bestimmungsstaaten (national):** JP, US.

**(84) Bestimmungsstaaten (regional):** europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR).

**Veröffentlicht:**

— *ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts*

*Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes, und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.*

---

mindestens einen von der Lenkbetätigungseinrichtung betätigbaren Sollwertgeber für einen einzustellenden Lenkwinkel, mindestens einen den Lenkwinkel der Fahrzeugräder registrierenden Istwertgeber, eine Zentralsteuereinheit, die in Abhängigkeit von einem Vergleich eines Signals den Istwertgebers (Istwert) mit einem Signal des Sollwertgebers (Sollwert) die elektromechanischen Stellaggregate steuert eine Datenübertragungseinheit, die eine Datenverbindung zwischen der Zentralsteuereinheit und den elektromechanischen Stellaggregaten herstellt, auf.

## **Fahrzeuglenkung und Achslenkmodul für eine Fahrzeuglenkung**

Die Erfindung betrifft eine Fahrzeuglenkung und ein Achslenkmodul für eine Fahrzeuglenkung.

Heutige Fahrzeuge, insbesondere Personenkraftwagen, sind in der Regel mit hydraulischen Servolenkungen ausgestattet, bei denen ein Lenkhandrad mechanisch mit den lenkbaren Fahrzeugrädern zwangsgekoppelt ist.

Es ist bekannt, die lenkbaren Fahrzeugräder antriebsmäßig mit einem Servomotor zu koppeln, welcher in Abhängigkeit von den zwischen Lenkhandrad und gelenkten Fahrzeugrädern übertragenen Kräften bzw. Momenten gesteuert wird, um die für das jeweilige Lenkmanöver an der Lenkbetätigungseinrichtung notwendige Handkraft zu vermindern.

Ferner sind Fahrzeuglenkungen bekannt, bei denen die Lenkbetätigungseinrichtung und die gelenkten Fahrzeugräder nur über eine Regelstrecke gekoppelt sind und wobei eine mechanische Verbindung zwischen dem Lenkhandrad und den Fahrzeugrädern nicht mehr vorliegt.

Oftmals aber wird auf einen mechanischen Durchtrieb zwischen Lenkhandrad und gelenkten Fahrzeugrädern nicht völlig verzichtet. Dann ist es vorgesehen, den mechanischen Durchtrieb bei fehlerfrei arbeitender Regelstrecke aufzutrennen und damit unwirksam zu machen. Wenn jedoch in der Regelstrecke, die sich ständig selbst auf Fehler überwacht, eine Fehlfunktion festgestellt werden sollte, wird der mechanische Durchtrieb automatisch wirksam geschaltet. Der mechanische Durchtrieb bildet so eine "mechanische Notfallebene" bei eventuellen Fehlfunktionen der Regelstrecke.

Aufgabe der Erfindung ist es nun, eine vorteilhafte Ausgestaltung für eine Fahrzeuglenkung und eine lenkbare Fahrzeugachse aufzuzeigen, die keine mechanische Verbindung zwischen dem Lenkhandrad und den Fahrzeugrädern aufweist, aber eine sichere und zuverlässige Lenkfunktion gewährleistet.

## 2

Diese Aufgabe wird durch die Merkmale der unabhängigen Patentansprüche gelöst. Besonders vorteilhafte Ausgestaltungen der erfindungsgemäßen Lenkung sind in den Unteransprüchen angegeben.

Die Aufgabe wird durch eine Fahrzeuglenkung gelöst, mit einer vom Fahrer betätigbaren Lenkbetätigungseinrichtung, insbesondere Lenkhandrad, mit mindestens einem Betätigungskraftsimulator, mit jeweils einem elektromechanischen Stellaggregat zum Steuern jeweils eines rechts und links an einem Fahrzeugkörper befindlichen lenkbaren Rades eines Radpaares einer lenkbarer Fahrzeugachse, mit Mitteln, die bei einem Ausfall oder einer Störung eines der beiden einer lenkbaren Fahrzeugachse zugeordneten Stellaggregate durch das jeweils andere, noch funktionstüchtige Stellaggregat die Steuerung der beiden Fahrzeugräder dieser Fahrzeugachse sicherstellen, mit mindestens einem von der Lenkbetätigungseinrichtung betätigbaren Sollwertgeber für einen einzustellenden Lenkwinkel, mit mindestens einem den Lenkwinkel der Fahrzeugräder registrierenden Istwertgeber, mit einer Zentralsteuereinheit, die in Abhängigkeit von einem Vergleich eines Signals des Istwertgebers (Istwert) mit einem Signal des Sollwertgebers (Sollwert) die elektromechanischen Stellaggregate steuert. Mit der erfindungsgemäßen Fahrzeuglenkung lassen sich vergleichsweise kleine Stellwege und hohe Stellgeschwindigkeiten erreichen.

Da bei dieser Fahrzeuglenkung keine direkte mechanische Verbindung zwischen der Lenkbetätigungseinrichtung und den elektromechanischen Stellaggregaten besteht, geht dem Fahrer die ihm darüber herkömmlicherweise vermittelte Rückmeldung bezüglich des jeweiligen Lenkungs Zustands verloren. Daher ist es der mindestens eine Betätigungskraftsimulator vorgesehen, der auch Lenkbetätigungseinrichtung selbst aktiv auslenkbar auszugestalten. So kann einerseits die auf Lenkbetätigungseinrichtung ausgeübte Betätigungskraft die Lenkwinkel-Sollwertvorgabe beeinflussen und darüber kann eine intuitive Rückmeldung einer oder mehrerer fahrdynamischer Größen erfolgen.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist es vorgesehen, dass jedes elektromechanische Stellaggregat jeweils von einer unabhängigen Energieversorgungsquelle versorgt wird. Vorzugsweise sind die unabhängigen

## 3

Energieversorgungsquellen zwei unabhängige Fahrzeugbatterien, die vorzugsweise eine gegenüber eines konventionellen Bordnetzes höhere elektrische Spannung, insbesondere ca. 36 bis 42 V, aufweisen.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist es vorgesehen, dass die Zentralsteuereinheit „fail-silent“ ausgebildet ist und eine redundante Rechneinheit aufweist.

Unter dem Begriff „eine redundante Rechneinheit“ ist hier eine Rechneinheit mit einer redundanten Architektur, somit mit zwei Rechnern, zu verstehen. Der Begriff „fail-silent“ bedeutet hier, dass bei einem Fehler die Zentralsteuereinheit sich ruhig verhält und keine Steuerfunktionen auf andere Systembauteile ausübt. Dabei werden Fehlfunktion festgestellt durch ein selbstständiges Überprüfen der Zentralsteuereinheit, insbesondere durch eine Fehlererkennungsschaltung, zum Beispiel einen Vergleicher, der die aus den beiden Rechnern der redundanten Rechneinheit ausgegebenen Werte oder Signale vergleicht. Im Falle einer Fehlfunktion eines Rechners, die zu bestimmten Abweichungen der beiden Werte oder Signale führt, schaltet dann die Zentralsteuereinheit selbstständig ab (fail-silent).

Die Zentralsteuereinheit steuert die Stellaggregate in Abhängigkeit von zumindest einem Soll-Istwert-Vergleich und gegebenenfalls weiterer Größen. Dazu steuert die Zentralsteuereinheit die Stellaggregate derart, dass ein Stellaggregat zur Lenkverstellung der Fahrzeugräder einen Stellhub ausführt, bei dem der vom Istwertgeber erfasste Istwert des Lenkwinkels auf den vom Sollwertgeber vorgegebenen Lenkwinkel-Sollwert eingeregelt wird, der durch eine Betätigung der Lenkbetätigungseinrichtung vorgegeben wird. Gegebenenfalls kann dieser Sollwert durch weitere Größen modifiziert werden, um zum Beispiel auf das Fahrzeug einwirkende Störkräfte zumindest teilweise auszuregeln. Weitere Größen sind vorteilhaft die Geschwindigkeit des Fahrzeugs, die Fahrstabilität, insbesondere das Giermoment oder der Schwimmwinkel des Fahrzeugs, der Fahrbahnzustand und/oder andere Einflüsse, wie beispielsweise Seitenwind. Es ist vorgesehen auch eine Dämpfungsfunktion zur Kompensation einer zu heftigen Fahrerbetätigung der Lenkbetätigungseinrichtung durch eine entsprechende Steuerfunktion zu integrieren.

Vorzugsweise aber wird der Lenkwinkel-Sollwert für das Stellaggregat zumindest abhängig von der auf die Lenkbetätigungseinrichtung ausgeübten Betätigungskraft und von der momentanen Fahrzeuglängsgeschwindigkeit variabel vorgegeben, um eine geschwindigkeitsabhängige Lenkübersetzung und Lenkunterstützung zu erzielen. Dazu wird die Zentralsteuereinheit eingangsseitig mit Sensoren verbunden, deren Signale mit den an den lenkbaren Fahrzeugrädern auftretenden Lenkkräften korreliert sind. Beispielsweise können die Sensoren die Kräfte in den Stellaggregaten erfassen. Des weiteren kann die Zentralsteuereinheit eingangsseitig noch mit Sensoren verbunden sein, durch die vorzugebende Parameter erfasst werden, z. B. die Querschleunigung, und/oder die Giergeschwindigkeit des Fahrzeuges.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist es vorgesehen, dass die Stellaggregate „fail-silent“ ausgebildet sind und zumindest einen elektromechanischen Aktor und jeweils eine redundante elektronische Baueinheit aufweisen.

Unter dem Begriff „eine redundante elektronische Baueinheit“ ist hier eine Baueinheit mit einer redundanten Architektur, mit vorzugsweise zwei Rechnern, zu verstehen. Der Begriff „fail-silent“ bedeutet hier, dass sich die elektronische Baueinheit im Fehlerfall ruhig verhält und keine Steuerfunktionen auf andere Systembauteile ausübt. Durch selbstständiges Überprüfen der elektronischen Baueinheit werden Fehlfunktion festgestellt, wobei mittels einer Fehlererkennungsschaltung, beispielsweise einen Vergleicher, eventuelle Abweichungen zwischen den aus den beiden Rechnern der redundanten Rechneinheit ausgegebenen Werten oder Signalen festgestellt werden, die dann zu einem selbstständigen Abschalten der elektronische Baueinheit führen (fail-silent).

Insgesamt weist die erfindungsgemäße Fahrzeuglenkung somit vorzugsweise zumindest vier, den Stellaggregaten zugeordnete Rechner und zwei, der Zentralsteuereinheit zugeordnete Rechner auf.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist es vorgesehen, dass

die elektronischen Baueinheiten, insbesondere Rechneinheiten, der Stellaggregate einem erkannten Fehler basierend auf lokalen aktorspezifischen Signalen, wie Aktorstrom oder Aktorposition durchführen und bei einer Fehlererkennung eine entsprechende Meldung an das System der Fahrzeuglenkung ausgeben und das fehlerhafte Stellaggregat abschalten. Daher sind die Stellaggregate stromlos offen. Das bedeutet, das abgeschaltete Stellaggregat kann durch das noch funktionstüchtige Stellaggregat bei einer Lenkbetätigung passiv „mitgeschleppt“ werden.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist es vorgesehen, dass die Fahrzeuglenkung zwei Sollwertgeber für den einzustellenden Lenkwinkel und zwei den Lenkwinkel der Fahrzeugräder registrierende Istwertgeber aufweist. Somit kann bei einem Ausfall eines Sollwert- und/der Istwertgebers durch den jeweils anderen, noch funktionsfähigen Sollwert- und/der Istwertgeber ein Signal zur Steuerung die Lenkung erzeugt werden.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist es vorgesehen, dass der/die Sollwertgeber für den einzustellenden Lenkwinkel und der/die den Lenkwinkel der Fahrzeugräder registrierenden Istwertgeber redundant ausgeführt sind.

Unter dem Begriff „redundanter Sollwertgeber“ ist hier ein Sollwertgeber, vorzugsweise ein Sensor für den Drehwinkel des Lenkhandrads, zu verstehen, der zumindest zwei Meßfühler für den Drehwinkel und mindestens einen Analog-Digital-Wandler (A/D-Wandler) und einen Vergleicher aufweist. Der redundante Sollwertgeber ist vorteilhaft „fail-silent“ ausgeführt. Das bedeutet, dass sich der Sollwertgeber im Fehlerfall ruhig verhält und keine Steuerfunktionen auf andere Systembauteile ausübt. Durch selbstständiges Überprüfen des Sollwertgebers werden Fehlfunktion festgestellt, wobei mittels des Vergleichers eventuelle Abweichungen zwischen den aus den Meßfühlern ermittelten Werte oder Signale festgestellt werden, die dann zu einem selbstständig Abschalten des Sollwertgebers führen (fail-silent). Das Signal des jeweils anderen, noch funktionstüchtigen redundanten Sollwertgebers wird dann zur Steuerung der Lenkung verwendet.

## 6

Der Begriff „redundanter Istwertgeber“ bedeutet hier einen Sensor für die Stellung der lenkbaren Räder, insbesondere für den Weg einer zugehörigen Spurstange der Lenkung. Dieser redundante Sensor weist ebenfalls zumindest zwei Meßfühler für den Verstellweg, insbesondere Spurstangenweg und mindestens einen Analog-Digital-Wandler (A/D-Wandler) und einen Vergleicher auf. Der redundante Istwertgeber ist ebenfalls vorteilhaft „fail-silent“ ausgeführt und verhält sich im Fehlerfall ruhig und übt dann keine Steuerfunktionen auf andere Systembauteile aus. Durch selbstständiges Überprüfen des Istwertgebers werden Fehlfunktion ☐ festgestellt, wobei mittels des Vergleichers eventuelle Abweichungen zwischen den aus den Meßfühlern ermittelten Werten oder Signalen festgestellt werden, die dann zu einem selbstständig Abschalten des Sollwertgebers führen (fail-silent). Das Signal des jeweils anderen, noch funktionstüchtigen redundanten Istwertgebers wird dann zur Steuerung der Lenkung verwendet.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist es vorgesehen, dass als Datenübertragungseinheit ein zumindest zwischen den Stellaggregaten und der Zentralsteuereinheit doppelt ausgeführter Datenbus vorgesehen ist. Das bedeutet jedes Stellaggregat ist mit zwei Datenbusleitungen verbunden, damit bei einem Fehler in einem Bus der jeweils andere Datenbus für die Steuerung der Lenkung zur Verfügung steht.

Gemäß einer anderen bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist es vorgesehen, dass als Datenübertragungseinheit zwischen den Stellaggregaten und der Zentralsteuereinheit jeweils ein Datenbus vorgesehen ist. Hier wird jeweils ein Stellaggregat an jeweils einen Bus angekoppelt, so dass die beiden Stellaggregate über jeweils einen im Grundsatz vom anderen Bus unabhängigen Datenbus gesteuert werden. Die beiden Busse sind hier vorzugsweise auch räumlich getrennt ausgeführt, damit beispielsweise kein elektrischer Kurzschluss an einem (gemeinsamen) Stecker, zum Beispiel ein gemeinsamer Stecker bei dem Ein- und Ausgang an der Zentralsteuereinheit, auftreten kann, wodurch die Funktion des gesamten Systems gefährdet wäre. Bei dieser Ausführungsform ist es auch vorgesehen, dass die beiden Busse in einen separaten, vorzugsweise redundanten Fahrzeugrechner gekoppelt sind. Das bedeutet in diesem zentralen Fahrzeugrechner, der vorzugsweise auch noch weitere Fahrzeugfunktionen, wie



7

Bremssystem oder Motormanagement steuern kann, werden beide Busse der Lenkung zusammengeführt und über die beiden Busse anliegende Informationen ausgewertet und ausgetauscht. Damit wird jedem an den Bussen angeschlossenen Teilnehmer übermittelt, welche Teilnehmer vorhanden sind und ggf. welchen Status diese haben, wodurch bei einer Störung oder einem Ausfall eines Teilnehmers die anderen Teilnehmer entsprechend reagieren können.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist es vorgesehen, dass die Datenbusse Teil eines Fahrzeugbussystems, insbesondere CAN sind.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist es vorgesehen, dass die Zentralsteuereinheit mit einem Fahrzeugbussystem, insbesondere CAN, verbunden ist, zum Empfang von Informationen über den insbesondere aktuellen Fahrzeugzustand.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist es vorgesehen, dass die Lenkbetätigungseinrichtung antriebsmäßig mit einem mechanischen oder mechanisch-hydraulischen, ersten Betätigungskraftsimulator verbundenen ist, zur Simulierung eines bestimmten, vorgegebenen Betätigungswiderstands, insbesondere Drehwiderstands, und dass die Lenkbetätigungseinrichtung mit einem elektrisch betätigbaren, vorzugsweise parameterabhängigen, zweiten Betätigungskraftsimulator, wirkungsmäßig verbunden ist, der nach Maßgabe zumindest des Istwerts und gegebenenfalls weiterer Signale, insbesondere dynamische Fahrzeugzustands-Signale, wie Fahrzeuggeschwindigkeit, Fahrzeug-Gierwinkel, Fahrzeug-Längs- oder Querbewegung, oder Fahrbahnzustands-Signale, wie aktuelle Haftreibung, den zweiten Betätigungskraftsimulator steuert. Der Betätigungskraftsimulator ist damit „fail-safe“ ausgebildet: der erste Betätigungskraftsimulator dient als Rückfallebene bei einem Ausfall des zweiten Betätigungskraftsimulators. Vorzugsweise weist der erste Betätigungskraftsimulator elastische Mittel auf, um der Lenkbetätigungseinrichtung eine dem Fahrer zumindest annähernd gewohnte Betätigungskraft aufzuprägen. Vorteilhaft ist der erste Betätigungskraftsimulator so ausgelegt, dass der elastische Widerstand progressiv anwächst, wenn die Lenkbetätigungseinrichtung aus einer Mittellage zunehmend wegbewegt, insbesondere verdreht, wird.

## 8

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist es vorgesehen, dass die Zentralsteuereinheit mit einem elektronischen Fahrzeugbremssystem, insbesondere einem elektromechanischen Bremssystem (EMB), verbunden ist.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist es vorgesehen, dass die dass die jeweils zwei elektromechanischen Stellaggregate zum Steuern jeweils eines rechts und links an einem Fahrzeugkörper befindlichen lenkbaren Rades eines Radpaares einer lenkbarer Fahrzeugachse in Verbindung mit mindestens einer Lenkstange (Spurstange) als ein Achslenkmodul ausgebildet sind.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist es vorgesehen, dass die Zentralsteuereinheit der Fahrzeuglenkung und eine Zentralsteuereinheit des elektronischen Fahrzeugbremssystem als einzelne Module in einem gemeinsamen Gehäuse angeordnet sind.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist es vorgesehen, dass für die Fahrzeuglenkung und das elektronische Fahrzeugbremssystem eine gemeinsame Zentralsteuereinheit vorgesehen ist.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist es vorgesehen, dass die jeweils zwei elektromechanischen Stellaggregate zum Steuern jeweils eines rechts und links an einem Fahrzeugkörper befindlichen lenkbaren Rades eines Radpaares einer lenkbarer Fahrzeugachse in Verbindung mit mindestens einer Lenkstange als ein Achslenkmodul ausgebildet sind.

Die Aufgabe wird auch durch ein Achslenkmodul gelöst, mit zwei elektromechanischen Stellaggregaten, die jeweils einen elektrischen Motor aufweisen und die jeweils einem rechts und links an einem Fahrzeugkörper befindlichen lenkbaren Rad eines Radpaares einer lenkbarer Fahrzeugachse zugeordnet sind und miteinander über eine Verbindungseinrichtung verbindbar sind, so dass die beiden lenkbaren Räder über ein einziges Stellaggregat verschwenkbar sind.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist es vorgesehen, dass

## 9

die Fahrzeuglenkung zumindest eine als Schubstange ausgebildete Lenkstange aufweist, die in ihrer Verlängerung verbindbar ist mit Spurstangen für die beiden lenkbaren Räder und bei der koaxial Lenkstangenachse die zwei Elektromotoren vorgesehen sind, die jeweils einen Rotor aufweisen, der über eine Übertragungseinrichtung mit einem Rotations-Translationswandler verbunden ist, zur Einkopplung eines Motormoments auf die mindestens eine Lenkstange, um bei Betätigung zumindest eines Elektromotors über ein Verschieben der mindestens einen Lenkstange die Lenkfunktion des Achslenkmoduls sicherzustellen.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist es vorgesehen, dass die Übertragungseinrichtung Mittel zur direkten Kopplung mit dem Rotations-

☐ Translationswandler aufweisen.



Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist es vorgesehen, dass die Übertragungseinrichtung Mittel zur direkten Kopplung mit dem Rotations-Translationswandler aufweisen.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist es vorgesehen, dass der Rotations-Translationswandler ein Gewindetrieb, vorzugsweise ein Kugelgewindetrieb, ist.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist es vorgesehen, dass der Rotations-Translationswandler antriebsmäßig verbunden ist mit mindestens einer zumindest in einem Bereich oder Teilbereich des Achslenkmoduls gewindestangenartig ausgebildeten Lenkstange (Gewindestange), die von mindestens einer Gewindemutter umgeben ist und mit dieser verbunden ist über dazwischen angeordnete Wälz- oder Rollkörper mit einer zum Gewinde der mindestens einen Gewindestange passenden Profilierung.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist es vorgesehen, dass die Übertragungseinrichtungen Getriebe oder Kupplungen, vorzugsweise Planetengetriebe, sind.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist es vorgesehen, dass

der Elektromotor einen Stator mit einer Wicklung coaxial zur Lenkstange umfasst und einen um diesen drehgelagerten Rotor mit Permanentmagneten, vorzugsweise ei Seltenerdmetalle, insbesondere Kobalt-Samarium oder Neodym-Magnete, aufweist.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist es vorgesehen, dass dass der Elektromotor ein elektronisch kommutierter Gleichstrommotor ist, der vorzugsweise ausgebildet ist als Transversalflussmotor.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist es vorgesehen, dass der Rotor des Elektromotors über die Übertragungseinrichtung mit der Gewindemutter des Gewindetriebs spielfrei und formschlüssig rotatorisch gekoppelt ist.


Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist es vorgesehen, dass der Rotor des Elektromotors zumindest in einem Teilbereich als ein Teil der Übertragungseinrichtung, vorzugsweise als ein Sonnenrad eines Planetenradgetriebes ausgebildet ist.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist es vorgesehen, dass jedem Stellaggregat zumindest zwei Elektronikeinheiten zugeordnet sind und im Fall eines Fehlers eines der beiden Elektronikeinheiten die jeweils andere, noch funktionstüchtige Elektronikeinheit die Steuerung des Stellaggregats übernimmt.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist es vorgesehen, dass im Fall eines Fehlers eines Stellaggregats bzw. eines Elektromotors, durch das noch funktionstüchtige Stellaggregat bzw. den Elektromotor die Schwenkbewegung der Räder durchgeführt wird, wobei die Baueinheit des fehlerhaften Stellaggregats rein mechanisch durch eine mechanische Kopplung über die Verbindungseinrichtung, insbesondere über die mindestens eine Gewindemutter und den mindestens einen Gewindetrieb mitschleppt werden.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist es vorgesehen, dass zur Aufnahme der entstehenden Stellkräfte auf die mindestens eine Lenkstange

mindestens ein Lager, vorzugsweise ein Axial-Schräggugellager, vorgesehen ist, das einen Innring aufweist, zur Aufnahme der Gewindemutter und zumindest eines Bauteils der Übertragungseinrichtung, vorzugsweise von Planetenträgern eines Planetenradgetriebes oder einer Kupplung, und das einen Außenring aufweist, zur Einleitung der entstehenden Stellkräfte in ein Gehäuse oder ein mit dem Gehäuse kraftschlüssig verbundenem Bauteil des Achslenkmoduls.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist es vorgesehen, dass dem Außenring des Lagers mindestens ein Kraftsensor zugeordnet ist, zur Erfassung der wirkenden Stellkräfte und zur Rückkopplung dieser ermittelten Stellkräfte an die Handbetätigungseinrichtung, vorzugsweise Handlenkrad der Fahrzeuglenkung. 

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist es vorgesehen, dass der Stator des Elektromotors an einem Gehäuse oder ein mit dem Gehäuse kraftschlüssig verbundenem Bauteil des Achslenkmoduls angeordnet ist und der Rotor der Elektromotors über ein Festlager und ein Loslager mit einem Gehäuse oder ein mit dem Gehäuse kraftschlüssig verbundenem Bauteil des Achslenkmoduls drehbar gelagert sind.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist es vorgesehen, dass jedes Stellaggregate als Übertragungseinrichtungen ein Planetenradgetriebe aufweist, dessen Sonnenrad als Bauteile des Rotors ausgeführt ist und sich gegen ein Hohlrad abstützt, das Teil des Außenrings eines Lagers zur Aufnahme der Stellkräfte ist.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist es vorgesehen, dass den zwei Stellaggregaten eine gemeinsame als Schubstange ausgebildete Lenkstange, vorzugsweise eine gemeinsame Gewindestange, und ein gemeinsamer Rotations-Translationswandler, insbesondere einer gemeinsamen Gewindemutter und gemeinsamen dazwischen angeordneten Wälz- oder Rollkörpern, zugeordnet ist, um bei Betätigung zumindest eines Stellaggregats über ein Verschieben der Lenkstange die Lenkfunktion des Achslenkmoduls sicherzustellen.

## 12

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist es vorgesehen, dass jedem der beiden Stellaggregate jeweils eine als Schubstange ausgebildete Lenkstange, vorzugsweise jeweils eine Gewindestange, und jeweils ein Rotations-Translationswandler, insbesondere jeweils eine Gewindemutter und jeweils dazwischen angeordnete Wälz- oder Rollkörpern, zugeordnet ist und dass beiden Stellaggregaten eine Verbindungseinrichtung zugeordnet ist, um die beiden Stellaggregate zu verbinden und bei Betätigung eines Stellaggregats über ein Verschieben der zwei verbundenen Lenkstangen die Lenkfunktion des Achslenkmoduls sicherzustellen.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist es vorgesehen, dass die Verbindungseinrichtung eine elektromechanische Kupplung aufweist, die Kupplungsscheiben aufweist, die mit Innenringen von zwei Lagern, vorzugsweise Axial-Schräggugellagern, kraftschlüssig verbunden sind, die zur Aufnahme der auf die zwei Lenkstangen entstehenden Stellkräfte dienen und dass im unbestromten Zustand die beiden Kupplungsscheiben durch ein elastisches Mittel, vorzugsweise eine Druckfeder, gegeneinander gepresst werden und eine kraftschlüssige Verbindung zwischen den zwei Rotations-Translationswandlern der Stellaggregate herstellen.



Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist es vorgesehen, dass ein bestimmter maximaler Verstellbereich der zwei Lenkstangen gegeneinander vorgegeben wird mittels mechanischer Anschläge, die nur einen bestimmten Lenkstangen-Differenzweg der zwei Lenkstangen relativ zueinander zulassen.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist es vorgesehen, dass zumindest ein Teilbereich der einen von den beiden Lenkstangen als eine Hohlwelle ausgebildet ist, die zwei Anschläge aufweist und dessen Hohlraum von einer mit der anderen Lenkstange verbundenen Koppelstange durchdrungen wird, die ein hohlwellenseitiges Endstück aufweist, das zwei innere Anschläge und zwei äußere Anschläge aufweist, die im Zusammenwirken mit zwei gegen die Anschläge abstützbaren Mitnehmerscheiben und einer an den Mitnehmerscheiben sich abstützenden Druckfeder nur einen bestimmten Lenkstangen-Differenzweg der zwei Lenkstangen relativ zueinander zulässt.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist es vorgesehen, dass bei geschlossener elektromechanischer Kupplung die Koppelstange eine Ausgangsstellung definiert, bei der die Druckfeder eine maximale Länge aufweist und sich durch die beiden Mitnehmerscheiben auf die zwei äußeren Anschläge der Koppelstange und die beiden Anschläge der Hohlwelle abstützt und dass bei geöffneter elektromechanischer Kupplung eine erste und eine zweite Endstellung definiert wird, welche den maximalen Lenkstangen-Differenzweg festlegen, wobei bei der ersten Endstellung die Druckfeder eine minimale Länge aufweist und sich durch die beiden Mitnehmerscheiben einerseits auf einen ersten Anschlag der Hohlwelle und andererseits auf einen zweiten äußeren Anschlag der Koppelstange abstützt und wobei bei der zweiten Endstellung die Druckfeder eine minimale Länge aufweist und sich durch die beiden Mitnehmerscheiben einerseits auf einen zweiten Anschlag der Hohlwelle und andererseits auf einen ersten äußeren Anschlag der Koppelstange abstützt.

Die erfindungsgemäße Fahrzeuglenkung wird nun anhand von Ausführungsbeispielen und von vier Abbildungen (Fig.1 bis Fig.3) näher erläutert.

Es zeigen:

Fig. 1 die erfindungsgemäße Fahrzeuglenkung in schematischer Darstellung,

Fig. 2 eine schaltplanartige Darstellung der erfindungsgemäßen Fahrzeuglenkung mit redundanten Steuerungskomponenten,

Fig. 2a eine schaltplanartige Darstellung einer anderen Ausführungsform der erfindungsgemäßen Fahrzeuglenkung mit redundanten Steuerungskomponenten und

Fig. 3 eine schaltplanartige Darstellung der erfindungsgemäßen Fahrzeuglenkung in Verbindung mit einer elektromechanischen Bremse.

Fig. 1 zeigt die erfindungsgemäße Fahrzeuglenkung in schematischer Darstellung. Der Fahrer betätigt das Lenkhandrad 1 oder ein ähnliches Bedienelement, z.B. einen Sidestick, mit dem er seinen Fahrtrichtungswunsch vorgeben kann. Der Fahrtrichtungswunsch wird in diesem Fall als Drehwinkel des Lenkhandrads 1 durch zwei Sensoren 2,3 redundant erfasst und auf elektronischem Wege einer Zentralsteuereinheit 4 mitgeteilt mittels der Datenübertragungsleitungen 5,6. Über einen ersten, passiven Betätigungskraftsimulator 7 erhält der Fahrer eine haptische Rückwirkung bei der Lenkbetätigung. Über einen zweiten, elektromechanischen Betätigungskraftsimulator 8 kann diese Rückwirkung bei Bedarf verstärkt oder geschwächt werden. Der zweite, elektromechanische Betätigungskraftsimulator 8 wird über die Datenübertragungsleitung 9 von der Zentralsteuereinheit 4 gesteuert. Der Zentralsteuereinheit 4 werden vorzugsweise auch Signale einer Fahrzeuggeschwindigkeits-Erfassungseinrichtung 10 über eine Datenübertragungsleitung 11 übermittelt. Dann werden in der Zentralsteuereinheit 4 Algorithmen umgesetzt, die das Lenkmoment in Abhängigkeit der Geschwindigkeit verändern. Der Fahrerwunsch wird in der Zentralsteuereinheit 4 ausgewertet, in einen Lenkwinkel (Sollwert) für zwei Stellaggregate 12,13 umgerechnet und den Stellaggregaten 12,13 über eine Datenübertragungsleitung 14,15 zugeführt. Es sind pro lenkbarem Rad 16,17 einer lenkbaren Achse 18 jeweils ein Stellaggregat 12,13 vorgesehen, so dass im Grundsatz auch eine radindividuelle Steuerung des rechten Rades 16 und des linken Rades 17 möglich ist. Der aktuelle Istwert der Radstellung der lenkbaren Räder 16,17 wird mittels geeigneter Sensoren 19,20 über je eine Datenübertragungsleitung 21,22 der Zentralsteuereinheit 4 übermittelt.

Zwischen dem Lenkhandrad 1 und den lenkbaren Räder 16,17 ist somit keine direkte mechanische Verbindung vorhanden. Durch diese erfindungsgemäße mechanische Entkopplung des Lenkhandrades 1 von der lenkbaren 18 Achse kann die Lenksäule entfallen, wodurch sich bessere Einbauverhältnisse im Vorbau und ein besseres Crashverhalten des Fahrzeugs ergeben. Durch die Entkopplung zwischen Fahrer und Rad 16,17 wird der Fahrer nicht mehr durch Lenkradschwingungen, die vom Rad 16,17 angeregt werden, irritiert. Darüber hinaus ermöglicht diese Lenkung die Integration einer Lenkassistent-Funktion, um eine Überreaktionen durch den Fahrer bei seiner Lenkbetätigung zu kompensieren. Durch die elektronische Regelung der Stellaggregate 16,17 kann bei einer entsprechenden Auslegung und Verbindung mit



□ einer Fahrstabilitätsregelung (ESP) besonders vorteilhaft eine Verbundregelung realisiert werden. Dann wird der Lenkwinkel auch zur Erhöhung der Fahrstabilität verändert. Ferner weist die erfindungsgemäße Lenkung den Vorteil auf, dass aufgrund der Entkopplung zwischen rechtem und linkem Rad 16,17 der lenkbaren Achse 18 ein relativ kleiner Wendekreis des Fahrzeugs und zugleich eine relativ hohe Spurstabilität des Fahrzeugs realisiert werden kann. Auch die Montage der erfindungsgemäßen Lenkung ist gegenüber bekannten Lenkungen einfacher, da keine mechanische Verbindung zwischen lenkbarer Achse 18 und Lenkhandrads 1 hergestellt werden muss. □

In der Fig. 2 ist das Systemkonzept der erfindungsgemäßen Fahrzeuglenkung dargestellt, mit redundanter Sensorik und redundanter Auswerteschaltung, wobei für diese und die folgende Abbildung gilt, dass die zu Fig. 1 gleichen Bauteile der Lenkung auch mit denselben Bezugszeichen versehen wurden. Der Fahrer betätigt das Lenkhandrads 1 zur Vorgabe seines Fahrtrichtungswunsches. Dieser vom Fahrer eingestellte Wunsch, wird sensorisch redundant erfasst durch zwei jeweils einen A/D-Wandler 30,31 und einen Ausgang 32,33 aufweisende redundante Sensoren 2,3. Die Signale der Sensoren 2,3 werden der Zentralsteuereinheit 4 auf elektronischem Wege, vorzugsweise über ein redundantes Bussystem 34,35 (zwei Datenleitungen) mitgeteilt. In der Zentralsteuereinheit 4, die auch die Ansteuerung des zweiten, elektromechanischen Betätigungskraftsimulator 8 übernimmt, werden auch Algorithmen umgesetzt, die das Lenkmoment in Abhängigkeit der Geschwindigkeit (Parameterlenkung) verändern. Darüber hinaus kann eine zu heftige Lenkreaktion des Fahrers stärker gedämpft werden (Lenkassistent). Auch eine Gierreaktion aufgrund von Seitenwind kann über einen zusätzlichen Lenkwinkel kompensiert werden, da vorzugsweise auch Informationen über den aktuellen Fahrzustand via Fahrzeugbussystem, insbesondere CAN 36, eingelesen werden können.

Über den ersten, passiven Betätigungskraftsimulator 7 wird ein über den gesamten Lenkwinkelbereich ein leicht ansteigendes Rückstellmoment und bei schnellen Lenkbewegungen auch ein die Bewegung dämpfendes Moment erzeugt. Über einen zweiten, elektromechanischen Betätigungskraftsimulator 8 kann diese Rückwirkung bei Bedarf verstärkt oder geschwächt werden. Dazu erzeugt ein Motor 37 ein □

## 16

Moment über ein Getriebe 38 an eine mit dem Lenkhandrad 1 verbundene Achse 39. Dadurch kann das System dem Fahrer beispielsweise eine Rückmeldung über die Situation, wie Aquaplaning, Bordstein, Niedrigreißwert, auf der Straße geben.

Der Fahrerwunsch wird in der Zentralsteuereinheit 4 ausgewertet und in Stellsignale für die Stellaggregate 12,13 umgerechnet. Durch die erfindungsgemäß im Grundsatz unabhängigen Stellaggregate 12,13 kann der Lenkwinkel zwischen dem rechten und dem linken Rad 16,17 einer lenkbaren Achse 18, vorzugsweise der Vorderachse 18, zumindest in bestimmten Grenzen unabhängig voneinander eingestellt werden. Damit ist es möglich, ein Optimum zwischen Wendekreis, Reifenverschleiß und Geradeauslauf realisieren.

Die Zentralsteuereinheit 4 ist vorzugsweise nach der „fail-silent-Architektur“ aufgebaut und weist zwei redundante Rechner 40,41 auf. Die Betätigungseinheit hat vorteilhaft eine „fail-safe-Architektur“. Das bedeutet, der zweite, elektromechanische Betätigungskraftsimulator 8 ist stromlos offen und durch einen Schalter 42 abschaltbar und erzeugt kein Moment bei einem Ausfall der elektrischen Energiequelle 43. Im Fehlerfall erfährt der Fahrer eine haptische Rückwirkung durch den ersten Betätigungskraftsimulator 7. Wenn kein Fehler vorliegt, werden die Kräfte ermittelt, die von dem Stellaggregat 12,13 gestellt werden. Dies erfolgt vorzugsweise durch Messen der Ströme an den Motoren 44,45 der Stellaggregate 12,13 sowie des Verstellwegs an den Stellaggregaten 12,13. Die Zentralsteuereinheit generiert aus den ermittelten Kräften Ansteuersignale für den zweiten, elektromechanischen Betätigungskraftsimulator 8. Dadurch erhält der Fahrer eine zu dem ersten, passiven Betätigungskraftsimulator 7 überlagerte haptische Rückmeldung über den auf der Fahrbahn wirkenden Kraftschluss.

Die Stellaggregate 12,13 weisen jeweils einen Elektromotor 44,45 auf, die vorzugsweise in einem Gehäuse eine redundante Elektronikeinheit 57,58, mit insbesondere Leistungsendstufen und Logikbausteinen, wobei für jede Elektronikeinheit 57,58 jeweils zwei Rechner 46-49 vorgesehen sind. Die Elektronikeinheiten 57,58 treiben die Aktuatoren an. Der Abtrieb erfolgt über eine Getriebeeinheit 50,51, die je nach Übersetzungsbedarf eine Rot/Rot-Getriebe und ein Rot/Trans-Getriebe umfassen kann (hier nicht dargestellt). Beide Aktuatoren, das

bedeutet die Elektromotoren 44,45 und Getriebeeinheiten 50,51, können in einem gemeinsamen Gehäuse angeordnet werden. In diesem Fall ist es vorgesehen, eine Trennwand zwischen den Gehäusehälften anzuordnen, damit durch eine undichte Dichtung eindringendes Wasser nicht beide Aktuatoren zerstören kann. Zwischen den Aktuatoren ist eine Kupplung 52 vorgesehen, die abtriebsseitig die beiden Getriebe 44,45 verbindet und einen bestimmten Verdrehwinkel zwischen den einzelnen Aktuatoren zulässt. Die Verdrehwinkel bewirkt einen unterschiedlichen Stellweg für die rechte und die linke Spurstangenseite 53,54. Der Verdrehwinkel wird dabei mechanisch begrenzt, da bei einem Ausfall ein Stellaggregat 12 oder 13 die Lenkaufgabe von beiden Stellaggregaten 12,13 übernehmen kann.

Die Elektronik 46,47,48,49 der Stellaggregate 12,13 und die Elektronik 40,41 der Zentralsteuereinheit 4 weisen jeweils Ein- und Ausgänge 55-58 für die zwei Datenübertragungsleitungen 34,35 des Lenkungs-Bussystems auf. Die Zentralsteuereinheit 4 kann darüber hinaus auch einen Ein- und Ausgang 59 für die Datenübertragungsleitung des Fahrzeug-Bussystems, wie CAN, aufweisen. Die Datenübertragungsleitungen 34,35 des Lenkungs-Bussystems sind auch in Verbindung mit einem den Energiequellen 43,60 zugeordneten elektronischen Baueinheiten 61,62, die insbesondere Spannungswandler und Regler sowie einen Eingang und Ausgang 63,64 aufweisen. Da die zwei unabhängigen Energiequellen, insbesondere die zwei Fahrzeugbatterien 65,66, jeweils ein Stellaggregat 12,13 sowie jeweils eine Elektronikeinheit 40, 41 der Zentralsteuereinheit 4 über die Leitungen 67,68 mit elektrischer Energie versorgen, wird bei einem Ausfall zumindest die Steuerung und Funktion eines Stellaggregats 12 oder 13 sichergestellt. So können durch die vorzugsweise stromlos offene Kupplung 52 auch bei dem Ausfall eines Stellaggregats 12 oder 13, das jeweils andere Stellaggregat 12 oder 13 die Funktion der Lenkung sicherstellen und das jeweils nicht funktionsfähige Stellaggregat 12 oder 13 wird durch einen stromlos offenen Schalter 69,70 ausgeschaltet. Die zwei Fahrzeugbatterien 63,64 werden über einen Fahrzeuggenerator 71 geladen.

In der Fig. 2a ist eine andere Ausführungsform der erfindungsgemäßen Fahrzeuglenkung mit redundanten Steuerungskomponenten und einem zentralen Fahrzeugrechner 119 dargestellt. Im Unterschied zu der in Fig. 2 gezeigten

## 18

Ausführungsform sind hier die Stellaggregate 12,13 an je einen Bus 34,35 gekoppelt. Vorteilhaft kann ein Kurzschluss am Ein- und Ausgang eines Stellaggregats nicht zu einem Verlust der Funktionsfähigkeit des gesamten Systems führen. Die Busse 34 und 35 sind hier auch räumlich getrennt. Es kann vorteilhaft ferner ein zentraler Fahrzeugrechner 119 vorgesehen sein, wodurch die Informationen der im Grundsatz unabhängigen Busse 34,35 gegenseitig übertragen werden, damit jeder Teilnehmer der Bussysteme die Information erhält, welche Teilnehmer dem System noch zur Verfügung stehen. So können diese auf einen Ausfall anderer Teilnehmer entsprechend reagieren und beispielsweise deren Funktion ersetzen. Es ist hier ebenfalls ein mechanischer Betätigungskraftsimulator 7 vorgesehen, der als „Rückfallebene“ bei einem Ausfall des elektromechanischen Betätigungskraftsimulators 7 dient („fail-safe“), der durch die Zentralsteuereinheit 4 gesteuert wird, die ebenfalls redundant und „fail-silent“ ausgeführt ist.

In Fig. 3 ist ein System dargestellt, bei dem das erfindungsgemäße Lenksystem und ein elektromechanisches Bremssystem (EMB) verbunden sind. Das System der Fahrzeuglenkung entspricht im wesentlichen dem in Fig.2 gezeigten System, wobei hier eine Zentralsteuer- und regelungseinheit (Zentraleinheit) 80 die Steuerung und Regelung der Fahrzeuglenkung und der Fahrzeugbremsen übernimmt.

Die Radbremsmodule 81-84 weisen als Aktuatoren 85-88 vorzugsweise Elektromotoren auf, die über Getriebe 89-92 eine bestimmte Bremskraft erzeugen und vorzugsweise über Bremsbeläge auf Bremsscheiben übertragen. Die Radbremsmodule 81-84 weisen auch jeweils zwei Rechner 93-100 auf, mit Ein- und Ausgängen 101-104 zu einem kombinierten Brems- und Lenkungs-Bussystem 105,106. Der Fahrerbremswunsch wird über eine Bremsbetätigungseinrichtung 107, mit einem Bremspedal und einem Betätigungswegsimulator 109 übertragen und mit redundanten Wegsensoren und/oder Kraftsensoren 110,111 ermittelt und über Ausgänge 112,113 über das Bussystem 105,106 zwei redundanten Zentralrechnern 114,115 der Zentralsteuer- und Regelungseinheit 80 übermittelt. Ferner ist eine Feststellbremsenbetätigungseinrichtung 116 vorgesehen, mittels der ebenfalls ein Bremswunsch des Fahrer übertragen werden kann über die zwei redundanten Wegsensoren und/oder Kraftsensoren 110,111.

In dieser Ausführungsform der Erfindung übernimmt die Zentraleinheit 80 neben der Ansteuerung der Stellaggregate 12,13 und Radbremsmodule 81-84 und der Ansteuerung des Betätigungskraftsimulators 8 auch die Auswertung der Betätigungssensorik für Lenkung, Bremse und Feststellbremse. Entsprechend den Signalen werden Radbremsmodule 81-84 und/oder die Stellaggregate 12,13 mit Stellbefehlen versorgt. Fällt die Zentraleinheit 80 aus, liegen die Informationen der Betätigungssensorik auch auf den beiden Bussystemen vor. Denn jedes Stellaggregate 12,13 und Radbremsmodul 81-84 hat die für sie bestimmten Information und generiert daraus selbstständig Stellgrößen. Darüber hinaus ist auch bei einem Ausfall einer Energiequelle 43 oder 60 die Funktion der Lenkung und der Bremse sichergestellt. Denn jeweils eine Energiequelle versorgt jeweils ein Stellaggregat und zwei Radbremsmodule sowie jeweils eine redundante Einheit der Betätigungssensorik für die Lenkung und für die Bremse über zwei getrennte, unabhängige Stromleitungen 117,118. Insgesamt bietet das System dadurch eine große Ausfallssicherheit sowie hinreichende „Notfunktionen“ im Fehlerfall.

Darüber hinaus ist durch die Zentraleinheit 80 ein aktiver Eingriff in die fahrerwunschabhängige Steuerung bzw. Regelung von Bremse und Lenkung möglich. Dabei ist im Sinne der Erfindung auch ein zusätzlicher Eingriff in das Motormanagement vorgesehen, wie es beispielsweise schon bei Fahrdynamikregelungen (ESP) oder Antriebsschlupfregelungen (ASR) durchführbar ist. Insgesamt kann das erfindungsgemäße System den Fahrer unterstützen und das Fahrzeug im Hinblick auf größtmögliche Sicherheit und Fahrkomfort lenken, radindividuell abbremesen oder beschleunigen. Daher ist das System auch bevorzugt für Fahrerassistenzsysteme, wie automatische Geschwindigkeitsregelung (Tempomat, CC) oder Abstands- und Folgeregelungen (ACC, AICC) geeignet.

Das erfindungsgemäße Achslenkmodul für die Fahrzeuglenkung wird nun anhand von Ausführungsbeispielen und von Abbildungen (Fig.4 bis Fig.14) näher erläutert.

Es zeigen:

Fig.4 die erfindungsgemäße Fahrzeuglenkung mit einem Achslenkmodule mit zwei Stellaggregaten

- Fig.5 einen Schnitt durch ein erfindungsgemäßes Achslenkmodul mit einer durchgehenden Lenkstange, mit einem Kugelgewindetrieb und mit Planetenradgetrieben
- Fig.6 einen Ausschnitt aus dem in Fig.5 gezeigten Schnitt durch das erfindungsgemäße Achslenkmodul in vergrößerter Darstellung
- Fig.7 einen Schnitt durch ein erfindungsgemäßes Achslenkmodul mit einer durchgehenden Lenkstange, mit einem Kugelgewindetrieb und mit Kupplungen anstatt der Planetenradgetriebe
- Fig.8 einen Schnitt durch ein erfindungsgemäßes Achslenkmodul mit einer geteilten Lenkstange, mit Kugelgewindetrieben und mit Planetenradgetrieben
- Fig.9 einen Ausschnitt aus dem in Fig.8 gezeigten Schnitt durch das erfindungsgemäße Achslenkmodul in vergrößerter Darstellung
- Fig.10 die erfindungsgemäße Fahrzeuglenkung mit einem Achslenkmodule mit zwei Stellaggregaten für eine radindividuelle Radeinstellung
- Fig.11 die in Fig.9 und Fig.10 gezeigte Kupplung zwischen dem rechten und linken Stellaggregat in vergrößerter Darstellung
- Fig.12 das in Fig.9 und Fig. 10 gezeigte Achslenkmodul in einer ersten Stellung
- Fig.12a das in Fig.12 gezeigte Achslenkmodul in einer vergrößerten Darstellung
- Fig.13 das in Fig.9 und Fig. 10 gezeigte Achslenkmodul in einer zweiten Stellung
- Fig.13a das in Fig.13 gezeigte Achslenkmodul in einer vergrößerten Darstellung
- Fig.14 das in Fig.9 und Fig. 10 gezeigte Achslenkmodul in einer dritten Stellung

Fig.14a das in Fig.14 gezeigte Achslenkmodul in einer vergrößerten Darstellung

In der Fig. 4 ist die erfindungsgemäße Fahrzeuglenkung mit einem Achslenkmodul 201 dargestellt, worin zwei Stellaggregate 12,13 angeordnet sind, die durch die Zentralsteuereinheit 4 angesteuert werden. Durch eine Verstellung einer Lenkstange 203 um einen bestimmten Verstellweg 204 wird ein bestimmter Lenkwinkel 205 eingestellt.

Ein Achslenkmodul 201 mit zwei Stellaggregaten 12,13 und einer durchgehenden Lenkstange sind in Fig.5 und der Fig.6 in einem Querschnitt dargestellt.


Die Stellaggregate 12,13 weisen zwei konzentrisch um die Lenkstange 203 angeordnete Elektromotoren 44,45 auf. Durch die zwei Elektromotoren 44,45 wird das redundante Antriebskonzept realisiert. Die beiden Elektromotoren 44,45 treiben über Übertragungseinheiten, hier vorzugsweise zwei Planetenradgetriebe 50,51 über eine zentrisch sitzende Mutter 206, einen Kugelgewindetrieb 207 und die zumindest im Bereich der Getriebe bzw. Elektromotormodule als Kugelgewindestange ausgebildete Lenkstange 203 an. Die Lenkstange 203 ist hier durchgehend ausgeführt, wodurch die Räder 16,17 kinematisch direkt miteinander gekoppelt sind. Es können auch andere Getriebebaupformen für die Übertragungseinheiten verwendet werden, die geeignet sind, das Antriebsmoment in eine Stellkraft und eine Lenkbewegung der über die zwei Spurstangen 53,54 gekoppelten Räder 16,17 umzusetzen. Ebenso ist es im Sinne der Erfindung möglich, die Getriebe 50,51 durch zwei Kupplungen als Übertragungseinheiten zu ersetzen.

Der Lenkstangenweg 204 wird redundant durch zwei redundante Wegsensoren 208,209 erfasst. Nach einer Plausibilitätsabfrage wird nach Maßgabe des erfassten Wegs der Lenkstange 203 (Istwert) durch die Zentralsteuereinheit 4 ein Sollwert für den einzustellenden Lenkwinkel (Sollwert) ermittelt. Die Zentralsteuereinheit 4 ist vorzugsweise im Bereich des Handlenkrads 1 angeordnet (siehe Fig. 4). Alternativ kann die Zentralsteuereinheit 4 auch vorteilhaft in das Achslenkmodul 1 integriert werden. Ist der geforderte Sollwert, das bedeutet der einzustellende Lenkwinkel 205 der Räder 16,17 erreicht, stellt sich je nach den einwirkenden Spurstangenkräften ein radstabilisiertes Haltemoment an den Elektromotoren 44,45 ein.

Bei der oben beschriebenen Funktionsweise sind zwei den Elektromotoren 44,45 zugeordnete Rotoren 210,211 über die beiden Planetenradgetriebe 50,51 mit der Gewindemutter 206 des Kugelgewindetriebes 207 spielfrei und formschlüssig rotatorisch miteinander gekoppelt. Das bedeutet, in der oben beschriebenen Funktionsweise sind auch beide Elektromotoren 44,45 miteinander verbunden und können parallel die Lenkstange 203 antreiben (Normallenkfunktion).

Im Fehlerfall, wenn ein Elektromotor 44 oder 45 ausfällt, übernimmt der noch funktionstüchtige Elektromotor den Antrieb. Dazu sind auch die Elektronikeinheiten 46-49 der Stellaggregate 12,13, welche die Elektromotoren 44,45 über Elektromotoransteuerungen 272,273 steuern, redundant ausgeführt. Durch den einen noch funktionstüchtigen Elektromotor kann so der Kugelgewindetrieb 207 über die Kugeln 274 die Stellbewegung der Lenkstange 203 durchführen. Die Baugruppen des defekten Stellaggregats werden dann rein mechanisch durch die mechanische Kopplung über die Gewindemutter 206 und den Kugelgewindetrieb 207 mitgeschleppt.

Daraus ergibt sich als ein wesentlicher Vorteil des erfindungsgemäßen Achslenkmoduls 201 und der erfindungsgemäßen Fahrzeuglenkung, dass bei Ausfall eines Elektromotors, z.B. Elektromotor 44, beispielsweise durch den Ausfall der elektrischen Energieversorgung oder dem Ausfall einer elektronischen Baugruppe der Zentralsteuereinheit 4 oder des Stellaggregats selbst, bei einem Lenkungswunsch des Fahrers das noch funktionstüchtige Stellaggregat mit dem anderen, funktionstüchtigen Elektromotor, in diesem Beispiel der Elektromotor 45, in Verbindung mit der redundant ausgeführten Elektromotorsteuerung die gesamte Lenkfunktion des Achslenkmoduls 201 übernimmt. Ein weiterer Vorteil ist dadurch gegeben, dass durch die angetriebene Mutter 206 des Kugelgewindetriebes 207 die beiden Räder über die Lenkstange 203 spielfrei direkt miteinander verbunden sind. Der Kraftfluss geht so direkt über die Lenkstange 203 und über die Spurstangen 53,54 zu den Rädern 16,17. Somit sind auch die beiden Räder 16,17 spielfrei miteinander verbunden.





## 23

Als Aufnahme der Gewindemutter 206 des Kugelgewindetriebs 207 und als Aufnahme von Planetenträgern 212,213 der Planetenradgetriebe 44,45 oder im Fall der Ausführungsform mit einer Kupplung (siehe Fig.7) als Aufnahme für die Kupplung ist ein Innenring 214 eines Axial-Schräggugellagers 215 vorgesehen. Damit bildet das Axial-Schräggugellager als Aufnahme für die Gewindemutter 206 und die Planetenträger 212,213 oder Kupplung (siehe Fig.7) eine funktionelle Baugruppe mit dem Kugelgewindetrieb 207 und den Getrieben 44,45. Das Axial-Schräggugellager 215 nimmt dabei die entstehenden Stellkraft der Lenkstange 203 auf und leitet sie über einen Außenring 218 des Axial-Schräggugellagers 215 in das Gehäuse 219 des Achslenkmoduls 201 ein.

In dem Außenring 218 des Axial-Schräggugellagers 215 kann zumindest ein Kraftsensor 220 zur Erfassung der wirkenden Stellkräfte angeordnet sein. Nach Maßgabe der hier gemessenen Kräfte kann dem Fahrer über den zweiten elektromechanischen Betätigungskraftsimulator 8 eine bestimmte Handkraft an dem Lenkhandrad 1 eingestellt werden (Rückkopplung der Kräfte). Gleichzeitig kann der Kraftsensor 220 für eine Plausibilitätsprüfung und Systemprüfung genutzt werden.

Die Rotoren 210,211 sind vorzugsweise über Festlager 221,222 und Loslager 223,224 im Gehäuse 219 gelagert. Dadurch kann eine querkraftfreie Lagerung der Rotoren 210,211 erzielt werden. Auch den Elektromotoren 44,45 zugeordnete Statoren 225,226 werden im Gehäuse 219 gehalten. Es kann ferner dadurch ein geringer Luftspalt zwischen den Rotoren 210,211 und den Statoren 225,226 realisiert werden, was einen positiven Einfluss auf den Gesamtwirkungsgrad hat. Gleichzeitig sind Sonnenräder 227,228 der Planetenradgetriebe 50,51 als Bauteile der Rotoren 210,211 ausgeführt. Die Sonnenräder 227,228 treiben über Planetenräder 229,230 die Planetenträger 212,213 an. Die Sonnenräder 227,228 stützen sich gegen Hohlräder 231,232 ab, die im Außenring 218 des Axial-Schräggugellagers 215 integriert sind. Das Antriebsmoment der Kugelgewindetriebe 207 und im Anschluss der Lenkstange 203 wird über zwei in das Gehäuse 219 integrierte Verdrehsicherungen 233, 234 vorgenommen, wobei die Verdrehsicherungen 233,234 auch eine Linearlagerfunktion der Lenkstange 203 übernehmen. Vorzugsweise kann auch einseitig eine Verdrehsicherung 233 oder 234 entfallen.

In der Fig. 7 ist eine Ausführungsform des in Fig.5 und Fig.6 gezeigten Achslenkmoduls 201 dargestellt, bei der die Getriebe 50,51 durch Kupplungen 235,236 als Übertragungselemente ersetzt worden sind. Das bedeutet, die Spurstangen werden hier direkt über die zwei Kupplungen 235,236 angetrieben (Direktantrieb). Dieser „Direktantrieb“ ist insbesondere für relativ leichte, kleinere Fahrzeuge mit geringen Vorderachslasten vorgesehen, bei denen nur relativ geringe Stellkräfte zum Lenken der Räder nötig sind. Vorteilhaft kann so der konstruktive Aufwand verringert werden, was grundsätzlich zu einer größeren Zuverlässigkeit und zu geringeren Gestehungskosten führt.

Bei dem oben gezeigten Achslenkmodul 201 ist die Lenkstange 203 nicht geteilt, wodurch die Räder 16,17 durch die Spurstangen 112,113 direkt gekoppelt sind. Im Sinne der Erfindung ist es aber ebenso vorgesehen, ein elektromechanisches Achslenkmodul 201 mit vorzugsweise elektromechanisch zumindest teilentkoppelten Spurstangen 112,113 vorzusehen, um eine einseitige Lenkwinkelverstellung, beispielsweise für einen fahrdynamischen Regelungseingriff, zu ermöglichen.

Ein Beispiel für eine bevorzugte Ausführungsform eines Achslenkmoduls für teilentkoppelte Spurstangen 112,113 ist in der Fig. 8 und Fig. 9 gezeigt.

Das Achslenkmodul 201 weist zwei konzentrisch um die beiden Lenkstangen 237,238 angeordneten Elektromotoren 44,45 auf. Die Lenkstangen 237,238 sind als Kugelgewindestangen ausgebildet. Durch die beiden Elektromotoren 44,45 wird ein redundantes Antriebskonzept realisiert. Die beiden Elektromotoren 44,45 treiben über zwei Planetenradgetriebe 50,51 zwei Muttern 239,240 von zwei Kugelgewindetrieben 241,242 an und setzen das Antriebsmoment in eine Stellkraft und eine Lenkbewegung der über die beiden Spurstangen 53,54 gekoppelten Räder 16,17 um.

Es ist jeweils ein redundanter Wegsensor 243,244 an jeweils einem Stellaggregat 12,13 angeordnet, zum Erfassen der Lenkstangenwege der beiden Lenkstangen 237,238. Nach Maßgabe der ermittelten Lenkstangenwege wird durch die Zentralsteuereinheit 4 ein Sollwert für die Regelung des Lenkwinkels 205 und des

zweiten Betätigungskraftsimulators 8 gebildet. Die Zentralsteuereinheit 4 kann im Bereich des Lenkhandrades 1 oder aber innerhalb des Achslenkmoduls 201 integriert sein. Ist der geforderte Sollwert, das bedeutet ist der Lenkwinkel 205 der Räder 16,17 erreicht, so stellt sich je nach den einwirkenden Spurstangenkräften ein radstables Haltemoment an den Elektromotoren 44,45 ein.

Die Lenkstangen 237,238 weisen vorzugsweise einen in der Mitte des Achslenkmoduls 201 liegenden Trennbereich 245 auf. Die Lenkstangen 237,238 sind durch einen Koppelstab 246 gekoppelt, der fest mit einer der beiden Lenkstangen (hier die Lenkstange 237) und teilelastisch über eine vorgespannte und wegbegrenzte Druckfeder 247 innerhalb der anderen Lenkstange (hier die Lenkstange 238) angeordnet ist. Die andere Lenkstange 238 ist daher zumindest im Abschnitt der Bewegungsmöglichkeit des Koppelstabs 246 als ein Hohlzylinder ausgeführt. Die beiden Lenkstangen 237,238 wirken unterhalb der eingestellten Federvorspannung, in Bewegungsrichtung des Lenkstangenwegs 204 (translatorisch) wie eine einzige, starre durchgehende Lenkstange.

Die beiden Gewindemütern 239,240 der beiden Kugelgewindetriebe 241,242 sind über zwei Innenringe 248,249 von zwei Axial-Schräggugellagern 250,251 und zwei Kupplungsscheiben 252,253 einer stromlos geschlossenen elektromechanischen Kupplung 254 spielfrei und formschlüssig rotatorisch miteinander gekoppelt. In der Normallenkfunktion sind beide Elektromotoren 44,45 über die Kupplung 254 miteinander verbunden und können somit parallel die Lenkstangen 237,238 antreiben. Im Fehlerfall, das bedeutet bei Ausfall eines Elektromotors 44,45, übernimmt der intakte Elektromotor durch die redundant ausgeführte Elektromotoransteuerung die gesamte Stellbewegung der beiden Lenkstangen 237,238 (redundantes Antriebskonzept). Das defekte Stellaggregat 12,13 wird dann rein mechanisch mitgeschleppt.

Vorzugsweise sind die Innenringe 248,249 der Axial-Schräggugellager 250,251 als Aufnahme der Gewindemütern 239,240, als Aufnahme der beiden Planetenträger 212,216 und als Aufnahme der beiden Kupplungsscheiben 252,253 ausgebildet und bilden zusammen eine funktionelle Baugruppe. Die Axial-Schräggugellager 250,251 nehmen dabei die entstehenden Stellkräfte der Lenkstangen 237,238 auf und leiten

sie über zwei Außenringe 255,256 der beiden Axial-Schräggugellager 250,251 in das Gehäuse 219 ein. In die Außenringe 255,256 können zwei Kraftsensoren 357,358 zur Erfassung der Stellkräfte und zur Rückkopplung der wirkenden Stellkräfte an den zweite Betätigungskraftsimulator 8 integriert werden. Gleichzeitig können die Kraftsensoren 357,358 für Plausibilitätsprüfungen und Systemprüfungen genutzt werden.

Bei den Planetengetrieben 50,51 sind Rotoren 210,211 über Festlager 221,222 und die Loslager 223,224 im dem Gehäuse 219 querkraftfrei gelagert, welches gleichzeitig die Aufnahme der Statoren 225,226 über nimmt. Ein geringer Luftspalt zwischen Rotor und Stator wird so realisiert, was einen positiven Einfluss auf den Gesamtwirkungsgrad hat. Gleichzeitig sind Sonnenräder 227,228 der Planetenradgetriebe 50,51 Bestandteil der Rotoren 210,211 und treiben Planetenträger 212,213 durch Planetenräder 229,230 an, die sich an in die Außenringe 139,140 der Axial-Schräggugellager 250,251 integrierte Hohlräder 231,232 abstützen. Die Abstützung des entstehenden Antriebsmomentes an den spindelförmigen Bereichen der Lenkstangen 237,238 wird über die beiden in das Gehäuse 219 integrierten Verdrehsicherungen 233,234 vorgenommen, die ebenso auch einen Linearlagerfunktion der Lenkstangen 237,238 erfüllen.

Für beispielsweise einen dynamischen Lenkungseingriff können aufgrund der im Grundsatz unabhängig betätigbaren Lenkstangen 237,238 eine einseitige, vom jeweils anderen Rad unabhängige Lenkwinkelverstellung durchgeführt werden, was in der Fig. 10 dargestellt ist. Hier ist das linke Rad 16 um einen Differenzwinkel 259 gegenüber dem rechten Rad 17 verschwenkt.

Es ist ebenso denkbar, anstatt der in Fig. 11 gezeigten rotierenden Mutter 239,240 des Kugelgewindetriebes rotierende Kugelgewindetrieb-Stangen vorzusehen (nicht dargestellt), wobei die Kraftübertragung dann über beispielsweise ein Planetengetriebe 150,151 und dazwischen angeordnete Gelenkwellen auf die mit den Spurstangen 53,54 verbundene Kugelgewindetrieb-Stangen erfolgt. Dann kann auch das Gehäuse zweigeteilt sein, so dass jedes Stellaggregat 12,13 einem Gehäuseteil zugeordnet ist. Vorzugsweise sind die beiden Stellaggregate durch eine

Kupplung 52 verbunden, die eine zumindest in einem bestimmten Rahmen radindividuelle Einstellung der Räder 16,17 ermöglicht.

Die elektromechanische Kupplung 254 ist in Fig. 11 näher dargestellt. Die Kupplung 254 ist vorgesehen, um die beiden Lenkstangen 237,238 bezogen auf ihre lineare Bewegungsmöglichkeit voneinander zu entkoppeln und so eine einseitige Lenkwinkelverstellung eines Rades zu realisieren. Diese erfolgt über das Öffnen, das bedeutet Bestromen der elektromechanischen Kupplung 254. Ist die Kupplung 254 geöffnet, so werden die beiden Muttern 239,240 rotatorisch voneinander getrennt und jeder Elektromotor 44,45 kann eine geforderte Lenkwinkeldifferenz 359 im zulässig mechanisch begrenzten Stellbereich 260 einstellen, wobei die Einstellung nach Maßgabe der durch die Kraft- und redundanten Wegsensoren ermittelten Werte erfolgt. Die Kupplung 254 weist neben den Kupplungsscheiben 252,253, einen Polkörper 261, eine Druckfeder 262, einen Kupplungssensor 263 und eine Spule 264 auf. Die beiden Kupplungsscheiben 252,253 können zu einer sicheren und hohen Momentenübertragung vorzugsweise an ihrer Kupplungsfläche 265 formschlüssig miteinander gekoppelt werden. Desweiteren kann die Kupplungsfläche 265 durch eine bestimmte Formgebung so ausgebildet werden, dass sie nur in einer Position verriegelt, vorzugsweise in einer Normalstellung der beiden Lenkstangen 237,238. Wird die Spule 264 des mit dem Gehäuse 219 fest verbundenen Pols 261 bestromt, so wird eine Kupplungsscheibe 253 gegen die Druckfeder 262 angezogen und gibt die Kupplung 254 frei. Der Entkuppel- und Einkuppelvorgang wird durch den Kupplungssensor 263 sensiert und überwacht. Die Kupplungsscheibe 252 ist als ein Anker ausgebildet und kann sich auf dem Innenring 248 des einen Axial-Schräggugellagers 250 axial verschieben. Die Momentenübertragung erfolgt durch Formgebung zwischen Kupplungsscheibe 252 und Innenring 248 des Axial-Schräggugellagers 250. Ist eine Lenkungsregelung einer Lenkwinkeldifferenz beendet, so werden durch beide Elektromotoren 44,45 die Lenkstangen 237,238 in ihre Normal- oder Ausgangsstellung zurückbewegt, der Spulenstrom fällt ab und die beiden Kupplungsscheiben 252,253 werden durch die Druckfeder 262 in ihrer Normal- oder Ausgangsstellung verriegelt. Dieser Einkuppelvorgang wird durch den Kupplungssensor 263 sensiert. Die weitere Regelung des Lenkwinkels 205 erfolgt nun dann über die Normallenkfunktion.

## 28

Die Funktionsweise des in der Fig. 8 und 9 gezeigten Achslenkmoduls ist in der Fig.12 bis Fig.14 näher gezeigt. Fällt ein Motormodul aus, so werden durch das Sicherheitskonzept die beiden Lenkstangen 237,238 der Räder 16,17 mechanisch durch die unterstützend wirkende Federkraft 272 in ihre Ausgangslage zurückgestellt und die beiden Gewindemuttern 239,240 werden durch die vorzugsweise formschlüssig ausgebildete Kupplung 254 in ihrer Normalstellung verriegelt (siehe Fig.12 und Fig.12a). Die Druckfeder 247 weist eine maximale Länge auf und stützt sich durch die beiden Mitnehmerscheiben 266,267 auf die zwei äußeren Anschläge der Koppelstange 270,271 und die beiden Anschläge der Hohlwelle 275,276 ab. Das intakte Stellaggregat übernimmt nun die Normallenkfunktion mit dem funktionsfähigen Elektromotor.

Der unabhängige Verstellbereich der Lenkstangen wird im Grundsatz durch die Ausbildung und Konstruktion der zwei Lenkstangen 237,238 verbindenden Bauteile, insbesondere den Koppelstab 246 und die Druckfeder 247 und deren benachbarte Bauteile, vorgegeben (siehe Fig.13 bis Fig. 14a). Der zulässig mechanische Verstellbereich 260 der beiden Lenkstangen 237,238 während der Lenkwinkeldifferenzregelung wird durch die integrierte, gefesselte und vorgespannte Druckfeder 247 in Verbindung mit zwei Mitnehmerscheiben und über innere 268,269 und äußere 170,271 Anschläge des Koppelstabes und Anschläge 275,276 der Lenkstangen-Hohlwelle 238 realisiert. Über diese Begrenzung kann die Lenkwinkeldifferenz rein mechanisch nicht verstellt werden, das bedeutet die beiden Räder 16,17 sind oberhalb dieses Bereiches starr miteinander gekoppelt (Sicherheitskonzept). Bei der Lenkwinkeldifferenzregelung werden die beiden Lenkstangen 237,238 gegeneinander verschoben, wobei die Druckfeder 247 durch den Koppelstab 246 bzw. dessen Endstück 277 und zwei Mitnehmerscheiben 266,267 bis auf mechanische Anschläge 270,271 weiter vorgespannt werden kann. Diese Funktion ist durch die äußere Fesselung der Druckfeder 247 in der Lenkstange 238 und die innere Fesselung der Druckfeder 247 durch den Koppelstab 246 in beiden Richtungen gewährleistet. Die mechanische Begrenzung der Lenkwinkeldifferenz ist gegen durch eine erste (siehe Fig. 13,13a) und eine zweite (siehe Fig.14,14a) Endstellung.

Wird die in Fig.12,12a gezeigte Lenkstange 238 nach rechts bewegt (in Pfeilrichtung 278) und die Lenkstange 246 nicht bewegt, dann wird durch den ersten Anschlag 275 der Hohlwelle 238 die linke Mitnehmerscheibe 266 nach rechts verschoben und die Feder, die auf ihrer rechten Seite über die rechte Mitnehmerscheibe 267 durch den zweiten äußeren Anschlag 271 des ortsfesten Endstücks 277 der Koppelstange 246 ortsfest gehalten wird, wird entgegen der Federkraft gespannt, bis die in Fig. 13,13a gezeigte erste Endstellung erreicht ist. Bei der ersten Endstellung (Fig.13,13a) weist die Druckfeder 247 eine minimale Länge auf und stützt sich durch die beiden Mitnehmerscheiben 266,267 einerseits auf den ersten Anschlag 275 der Hohlwelle 238 und andererseits auf den zweiten äußeren Anschlag 271 des Endstücks 277 der Koppelstange 246 ab.

Wird die in Fig.12,12a gezeigte Lenkstange 238 nach links bewegt (in Pfeilrichtung 279) und die Lenkstange 246 dabei nicht bewegt, dann wird durch den zweiten Anschlag 276 der Hohlwelle 238 die rechte Mitnehmerscheibe 267 nach links verschoben und die Feder 247, die auf ihrer linken Seite über die linke Mitnehmerscheibe 266 durch den ersten äußeren Anschlag 270 des ortsfesten Endstücks 277 der Koppelstange 246 ortsfest gehalten wird, wird entgegen der Federkraft gespannt, bis die in Fig. 14,14a gezeigte zweite Endstellung erreicht ist. Bei der zweiten Endstellung (Fig. 14,14a) weist die Druckfeder 247 ebenfalls die minimale Länge auf und stützt sich durch die beiden Mitnehmerscheiben 266,267 einerseits auf einen zweiten Anschlag der Hohlwelle 276 und andererseits auf einen ersten äußeren Anschlag 270 des Endstücks 277 der Koppelstange 246 ab. Das bedeutet, für die Lenkwinkeldifferenzregelung muss durch eine vorhandene und anwachsende Federkraft durch die Druckfeder 247 ein Zusatzmotormoment der Elektromotoren 44,45 aufgebracht werden.

Diese Ausführungsform weist insbesondere den Vorteil auf, dass die Gewindemuttern 239,240 der Kugelgewindetriebe 241,242 direkt angetrieben werden können und somit die beiden Räder 16,17 über den in den Lenkstangen 237,238 integrierten Koppelstab 246 und die integrierte vorgespannte Druckfeder 247 spielfrei miteinander verbunden werden. Das bedeutet, unterhalb der Federvorspannung sind die beiden Lenkstangen 237,238 als funktional als einteilig anzusehen. Ferner weist dieses System ein sicheres Kupplungskonzept für die

Lenkwinkeldifferenzregelung auf durch eine formschlüssig in einer Position verriegelten Kupplung 254, einen mechanisch begrenzten Verstellbereich 260 und einer vorgespannten, mit dem Koppelstab 246 wirkenden Druckfeder 247.

In der Fig. 15 ist ein Achslenkmodul dargestellt, das zwei Lenkstangen 237,238 aufweist, die über zwei Stellaggregate 12,13 einstellbar sind. Gegenüber zuvor dargestellten Ausführungsformen, bei denen die beiden Stellaggregate 12,13 in einem gemeinsamen Gehäuse 219 angeordnet waren, sind hier die beiden Stellaggregate in jeweils einem Gehäuse 280,281 angeordnet und über eine Kupplung 282 miteinander verbunden.



**Bezugszeichenliste**

1	Lenkhandrad
2,3	redundante Sensoren am Lenkhandrad
4	Zentralsteuereinheit
5,6	Datenübertragungsleitungen von den Sensoren am Lenkhandrad
7	passiver Betätigungskraftsimulator
8	elektromechanischer Betätigungskraftsimulator
9	Datenübertragungsleitung zum elektromechanischen Betätigungskraftsimulator
10	Fahrzeuggeschwindigkeits-Erfassungseinrichtung
11	Datenübertragungsleitung zur Zentralsteuereinheit
12,13	Stellaggregate
14,15	Datenübertragungsleitungen zu den Stellaggregaten
16,17	lenkbare Räder
18	lenkbare Achse
19,20	redundante Wegsensoren der Stellaggregate
21,22	Datenübertragungsleitungen von den Stellaggregaten
30,31	A/D-Wandler der Sensoren am Lenkhandrad
32,33	Ausgang A/D-Wandler der Sensoren am Lenkhandrad
34,35	Bussystem des Lenkungs-systems
36	Fahrzeugsbussystem (CAN)
37	Motor elektromechanischer Betätigungskraftsimulator
38	Getriebe elektromechanischer Betätigungskraftsimulator
39	Achse Lenkhandrad
40,41	Rechner Zentralsteuereinheit
42	Schalter elektromechanischer Betätigungskraftsimulator
43	erste elektrische Energiequelle
44,45	Motoren der Stellaggregate
46-49	Rechner der Stellaggregate
50,51	Getriebeeinheiten der Stellaggregate
52	Kupplung der Stellaggregate
53,54	Spurstangen
55,56	Ein- und Ausgänge der Stellaggregate
57,58	Elektronische Einheiten der Stellaggregate
59	Ein- und Ausgang zum Fahrzeugsbussystem (CAN)
60	zweite elektrische Energiequelle
61,62	elektronische Baueinheiten der elektrischen Energiequellen
63,64	Eingänge und Ausgänge der elektrischen Energiequellen
65,66	Fahrzeugsbatterien
67,68	Leitungen zur Stromversorgung der Komponenten
69,70	Schalter der Stellaggregate
71	Fahrzeuggenerator
80	Zentralsteuer- und regelungseinheit (Zentraleinheit)
81-84	Radbremssmodule
85-88	Aktuatoren der Radbremssmodule
89-92	Getriebe der Radbremssmodule
93-100	Rechner der Radbremssmodule
101-104	Ein- und Ausgänge der Radbremssmodule
105,106	Brems- und Lenkungs-Bussysteme
107	Bremsbetätigungseinrichtung
108	Bremspedal
109	Betätigungswegsimulator der Bremsbetätigungseinrichtung
110,111	Sensoren der Bremsbetätigungseinrichtung
112,113	Ausgänge der Sensoren der Bremsbetätigungseinrichtung v
114,115	Zentralrechner der Zentralsteuer- und regelungseinheit (Zentraleinheit)
116	Feststellbremsenbetätigungseinrichtung
117,118	Leitungen zur Stromversorgung der Komponenten
119	zentraler Fahrzeugrechner
150,151	Rot/Rot-Getriebe der Stellaggregate

201	Achslenkmodul
202	Betätigungskraftsimulator (Lenksimulator)
203	Lenkstange
204	Lenkstangenweg
205	Lenkwinkel
206	Mutter Kugelgewindetrieb
207	Kugelgewindetrieb
208,209	Wegsensoren Lenkstange
210,211	Rotoren der Motoren
212,213	Planetenträger
214	Innenring
215	Axial-Schräggugellager
218	Außenring
219	Gehäuse
220	Kraftsensor
221,222	Festlager
223,224	Loslager
225,226	Statoren
227,228	Sonnenräder
229,230	Planetenräder
231,232	Hohlräder
233,234	Verdrehsicherungen
235,236	Kupplungen
237,238	Lenkstangen
239,240	Muttern Kugelgewindetriebe
241,242	Kugelgewindetriebe
243,244	Wegsensoren
245	Trennungsbereich der Lenkstangen
246	Koppelstab
247	Druckfeder Koppelstab
248,249	Innenringe Axial-Schräggugellager
250,251	Axial-Schräggugellager
252,253	Kupplungsscheiben
254	elektromechanischen Kupplung
255,256	Außenringe Axial-Schräggugellager
257,258	Kraftsensoren
259	Lenkwinkeldifferenz
260	mechanisch begrenzter Stellbereich
261	Polkörper
262	Druckfeder elektromechanischen Kupplung
263	Kupplungssensor
264	Spule
265	Kupplungsfläche
266,267	Mitnehmerscheiben
268,269	innere Anschläge Koppelstab
270,271	äußere Anschläge Koppelstab
272,273	Motoransteuerung
274	Kugeln Kugelgewindeantrieb
275,276	mechanischen Anschläge Lenkstangen-Hohlwelle
277	Endstück Koppelstab
278,279	Bewegungsrichtung Lenkstange
280,281	Gehäuse Stellaggregate
282	Kupplung zwischen Stellaggregaten

**Patentansprüche**

1. Fahrzeuglenkung,  
mit einer vom Fahrer betätigbaren Lenkbetätigungseinrichtung, insbesondere Lenkhandrad,  
mit mindestens einem Betätigungskraftsimulator,  
mit jeweils einem elektromechanischen Stellaggregat zum Steuern jeweils eines rechts und links an einem Fahrzeugkörper befindlichen lenkbaren Rades eines Radpaares einer lenkbarer Fahrzeugachse,  
mit Mitteln, die bei einem Ausfall oder einer Störung eines der beiden einer lenkbaren Fahrzeugachse zugeordneten Stellaggregate durch das jeweils andere, noch funktionstüchtige Stellaggregat die Steuerung der beiden Fahrzeugräder dieser Fahrzeugachse sicherstellen,  
mit mindestens einem von der Lenkbetätigungseinrichtung betätigbaren Sollwertgeber für einen einzustellenden Lenkwinkel,  
mit mindestens einem den Lenkwinkel der Fahrzeugräder registrierenden Istwertgeber,  
mit einer Zentralsteuereinheit, die in Abhängigkeit von einem Vergleich eines Signals des Istwertgebers (Istwert) mit einem Signal des Sollwertgebers (Sollwert) die elektromechanischen Stellaggregate steuert,  
und mit einer Datenübertragungseinheit, die eine Datenverbindung zwischen der Zentralsteuereinheit und den elektromechanischen Stellaggregaten herstellt.
2. Fahrzeuglenkung nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet, dass jedes elektromechanische Stellaggregat jeweils von einer unabhängigen Energieversorgungsquelle versorgt wird.
3. Fahrzeuglenkung nach Anspruch 1 oder 2,  
dadurch gekennzeichnet, dass die Zentralsteuereinheit „fail-silent“ ausgebildet ist und eine redundante Rechneinheit aufweist.
4. Fahrzeuglenkung nach einem der Ansprüche 1 bis 3,  
dadurch gekennzeichnet, dass die Stellaggregate „fail-silent“ ausgebildet sind


und zumindest jeweils einen elektromechanischen Aktor und jeweils eine redundante elektronische Baueinheit aufweisen.

5. Fahrzeuglenkung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die elektronischen Baueinheiten der Stellaggregate eine Fehlererkennung basierend auf lokalen aktorspezifischen Signalen, wie Aktorstrom oder Aktorposition durchführen und bei einem erkannten Fehler eine entsprechende Meldung an das System der Fahrzeuglenkung ausgeben und das fehlerhafte Stellaggregat abschalten.
6. Fahrzeuglenkung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Fahrzeuglenkung zwei Sollwertgeber für den einzustellenden Lenkwinkel und zwei den Lenkwinkel der Fahrzeugräder registrierende Istwertgeber aufweist.
7. Fahrzeuglenkung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass der/die Sollwertgeber für den einzustellenden Lenkwinkel und der/die den Lenkwinkel der Fahrzeugräder registrierenden Istwertgeber redundant ausgeführt sind.
8. Fahrzeuglenkung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass als Datenübertragungseinheit ein zumindest zwischen den Stellaggregaten und der Zentralsteuereinheit doppelt ausgeführter Datenbus vorgesehen ist.
9. Fahrzeuglenkung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass als Datenübertragungseinheit zwischen den Stellaggregaten und der Zentralsteuereinheit jeweils ein Datenbus vorgesehen ist.
10. Fahrzeuglenkung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Zentralsteuereinheit mit einem Fahrzeugbussystem, insbesondere CAN, verbunden ist, zum Empfang von Informationen über den insbesondere aktuellen Fahrzeugzustand.

11. Fahrzeuglenkung nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Lenkbetätigungseinrichtung antriebsmäßig mit einem mechanischen oder mechanisch-hydraulischen, ersten Betätigungskraftsimulator verbunden ist, zur Simulation eines bestimmten, vorgegebenen Betätigungswiderstands und dass die Lenkbetätigungseinrichtung mit einem elektrisch betätigbaren, vorzugsweise parameterabhängigen, zweiten Betätigungskraftsimulator, wirkungsmäßig verbunden ist, der nach Maßgabe zumindest des Istwerts und/oder gegebenenfalls weiterer Signale, insbesondere dynamische Fahrzeugzustands-Signale, wie Fahrzeuggeschwindigkeit, Fahrzeug-Gierwinkel oder Fahrbahnzustands-Signale, den zweiten Betätigungskraftsimulator steuert.
12. Fahrzeuglenkung nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Zentralsteuereinheit mit einem elektronischen Fahrzeugbremsystem, insbesondere einem elektromechanischen Bremssystem (EMB), verbunden ist.
13. Fahrzeuglenkung nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Zentralsteuereinheit der Fahrzeuglenkung und eine Zentralsteuereinheit des elektronischen Fahrzeugbremsystem als einzelne Module in einem gemeinsamen Gehäuse angeordnet sind.
14. Fahrzeuglenkung nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass für die Fahrzeuglenkung und das elektronische Fahrzeugbremsystem eine gemeinsame Zentralsteuereinheit vorgesehen ist.
15. Fahrzeuglenkung nach einem der Ansprüche 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass die jeweils zwei elektromechanischen Stellaggregate zum Steuern jeweils eines rechts und links an einem Fahrzeugkörper befindlichen lenkbaren Rades eines Radpaares einer lenkbaren Fahrzeugachse in Verbindung mit mindestens einer Lenkstange als ein Achslenkmodul ausgebildet sind.



16. Achslenkmodul für eine Fahrzeuglenkung, insbesondere nach einem der Ansprüche 1 bis 15,  
mit zwei elektromechanischen Stellaggregaten, die jeweils einen elektrischen Elektromotor aufweisen und die jeweils einem rechts und links an einem Fahrzeugkörper befindlichen lenkbaren Rad eines Radpaares einer lenkbarer Fahrzeugachse zugeordnet sind und miteinander über eine Verbindungseinrichtung verbindbar sind, so dass die beiden lenkbaren Räder über ein einziges Stellaggregat verschwenkbar sind.
17. Achslenkmodul nach Anspruch 16,  
dadurch gekennzeichnet, dass die Fahrzeuglenkung zumindest eine als Schubstange ausgebildete Lenkstange aufweist, die in ihrer Verlängerung verbindbar ist mit Spurstangen für die beiden lenkbaren Räder und bei der koaxial Lenkstangenachse die zwei Elektromotoren vorgesehen sind, die jeweils einen Rotor aufweisen, der über eine Übertragungseinrichtung mit einem Rotations-Translationswandler verbunden ist, zur Einkopplung eines Motormoments auf die mindestens eine Lenkstange, um bei Betätigung zumindest eines Elektromotors über ein Verschieben der mindestens einen Lenkstange die Lenkfunktion des Achslenkmoduls sicherzustellen.
18. Achslenkmodul nach Anspruch 16 oder 17,  
dadurch gekennzeichnet, dass die Übertragungseinrichtung Mittel zur direkten Kopplung mit dem Rotations-Translationswandler aufweisen.
19. Achslenkmodul nach einem der Ansprüche 16 bis 18,  
dadurch gekennzeichnet, dass der Rotations-Translationswandler ein Gewindetrieb, vorzugsweise ein Kugelgewindetrieb, ist.
20. Achslenkmodul nach einem der Ansprüche 16 bis 19,  
dadurch gekennzeichnet, dass der Rotations-Translationswandler antriebsmäßig verbunden ist mit mindestens einer zumindest in einem Bereich oder Teilbereich des Achslenkmoduls gewindestangenartig ausgebildeten Lenkstange (Gewindestange), die von mindestens einer Gewindemutter

umgeben ist und mit dieser verbunden ist über dazwischen angeordnete Wälz- oder Rollkörper mit einer zum Gewinde der mindestens einen Gewindestange passenden Profilierung.

21. Achslenkmodul nach einem der Ansprüche 16 bis 20, dadurch gekennzeichnet, dass die Übertragungseinrichtungen Getriebe oder Kupplungen, vorzugsweise Planetengetriebe, sind.
22. Achslenkmodul nach einem der Ansprüche 16 bis 21, dadurch gekennzeichnet, dass der Elektromotor einen Stator mit einer Wicklung koaxial zur Lenkstange umfasst und einen um diesen drehgelagerten Rotor mit Permanentmagneten, vorzugsweise ei Seltenerd-magnete, insbesondere Kobalt-Samarium oder Neodym-Magnete, aufweist.
23. Achslenkmodul nach einem der Ansprüche 16 bis 22, dadurch gekennzeichnet, dass der Rotor des Elektromotors über die Übertragungseinrichtung mit der Gewindemutter des Gewindetriebs spielfrei und formschlüssig rotatorisch gekoppelt ist. 
24. Achslenkmodul nach einem der Ansprüche 16 bis 23, dadurch gekennzeichnet, dass der Rotor des Elektromotors zumindest in einem Teilbereich als ein Teil der Übertragungseinrichtung, vorzugsweise als ein Sonnenrad eines Planetenradgetriebes ausgebildet ist.
25. Achslenkmodul nach einem der Ansprüche 16 bis 24, dadurch gekennzeichnet, dass jedem Stellaggregat zumindest zwei Elektronikeinheiten zugeordnet sind und im Fall eines Fehlers eines der beiden Elektronikeinheiten die jeweils andere, noch funktionstüchtige Elektronikeinheit die Steuerung des Stellaggregats übernimmt.
26. Achslenkmodul nach einem der Ansprüche 16 bis 25, dadurch gekennzeichnet, dass im Fall eines Fehlers eines Stellaggregats bzw. eines Elektromotors, durch das noch funktionstüchtige Stellaggregat bzw. den

## 38


Elektromotor die Schwenkbewegung der Räder durchgeführt wird, wobei die Baueinheit des fehlerhaften Stellaggregats rein mechanisch durch eine mechanische Kopplung über die Verbindungseinrichtung, insbesondere über die mindestens eine Gewindemutter und den mindestens einen Gewindetrieb mitschleppt werden.

27. Achslenkmodul nach einem der Ansprüche 16 bis 26, dadurch gekennzeichnet, dass zur Aufnahme der entstehenden Stellkräfte auf die mindestens eine Lenkstange mindestens ein Lager, vorzugsweise ein Axial-Schräggugellager, vorgesehen ist, das einen Innring aufweist, zur Aufnahme der Gewindemutter und zumindest eines Bauteils der Übertragungseinrichtung, vorzugsweise von Planetenträgern eines Planetenradgetriebes oder einer Kupplung, und das einen Außenring aufweist, zur Einleitung der entstehenden Stellkräfte in ein Gehäuse oder ein mit dem Gehäuse kraftschlüssig verbundenem Bauteil des Achslenkmoduls.
28. Achslenkmodul nach Anspruch 27,  dadurch gekennzeichnet, dass dem Außenring des Lagers mindestens ein Kraftsensor zugeordnet ist, zur Erfassung der wirkenden Stellkräfte und zur Rückkopplung dieser ermittelten Stellkräfte an die Handbetätigungseinrichtung, vorzugsweise Handlenkrad der Fahrzeuglenkung. 
29. Achslenkmodul nach einem der Ansprüche 16 bis 28, dadurch gekennzeichnet, dass der Stator des Elektromotors an einem Gehäuse oder ein mit dem Gehäuse kraftschlüssig verbundenem Bauteil des Achslenkmoduls angeordnet ist und der Rotor der Elektromotors über ein Festlager und ein Loslager mit einem Gehäuse oder ein mit dem Gehäuse kraftschlüssig verbundenem Bauteil des Achslenkmoduls drehbar gelagert sind.
30. Achslenkmodul nach einem der Ansprüche 18 bis 29, dadurch gekennzeichnet, dass jedes Stellaggregat als Übertragungseinrichtungen ein Planetenradgetriebe aufweist, dessen

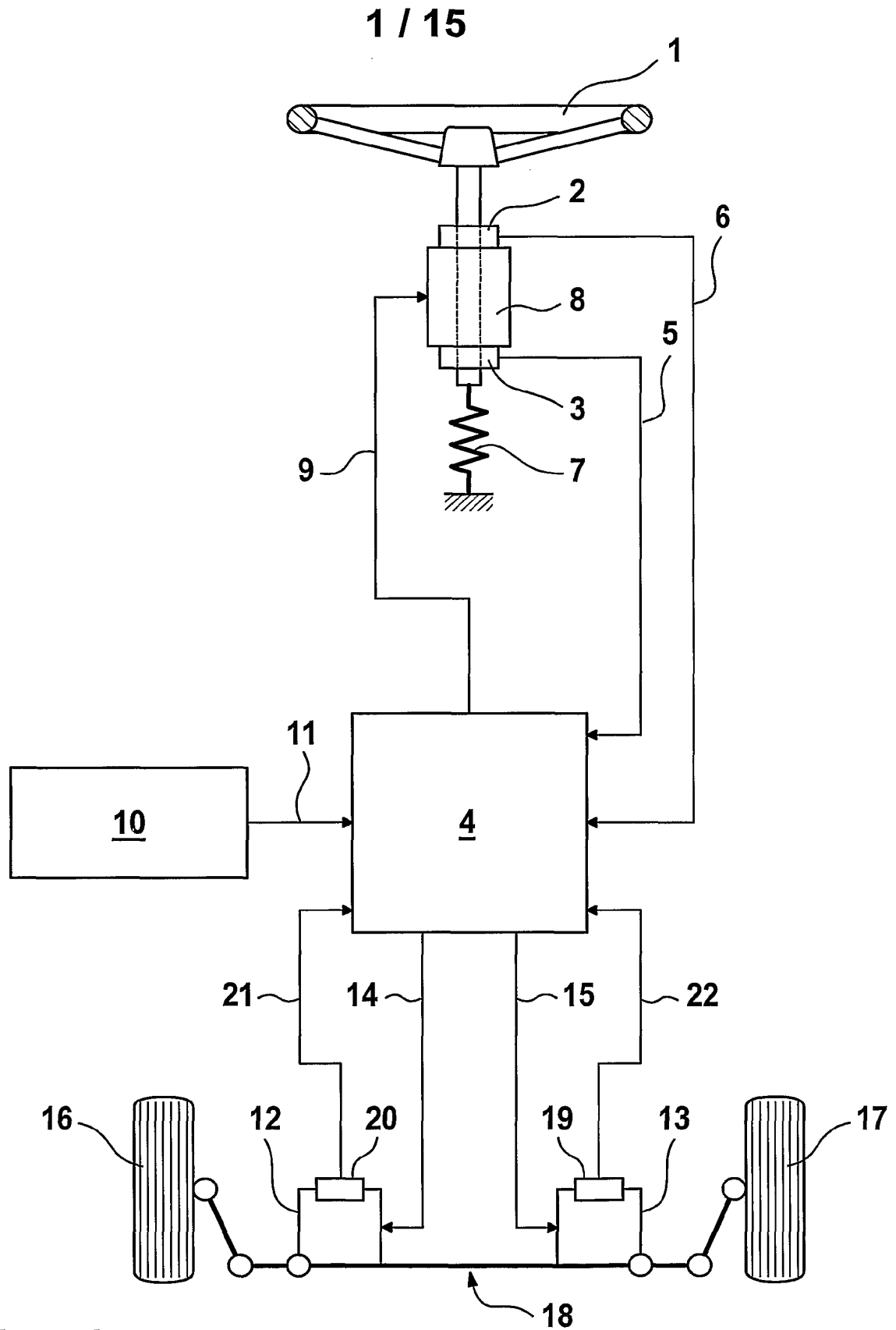


## 39

Sonnenrad als Bauteile des Rotors ausgeführt ist und sich gegen ein Hohlrad abstützt, das Teil des Außenrings eines Lagers zur Aufnahme der Stellkräfte ist.

31. Achslenkmodul nach einem der Ansprüche 16 bis 30, dadurch gekennzeichnet, dass den zwei Stellaggregaten eine gemeinsame als Schubstange ausgebildete Lenkstange, vorzugsweise eine gemeinsame Gewindestange, und ein gemeinsamer Rotations-Translationswandler, insbesondere einer gemeinsamen Gewindemutter und gemeinsamen dazwischen angeordneten Wälz- oder Rollkörpern, zugeordnet ist, um bei Betätigung zumindest eines Stellaggregats über ein Verschieben der Lenkstange die Lenkfunktion des Achslenkmoduls sicherzustellen.
32. Achslenkmodul nach einem der Ansprüche 16 bis 31, dadurch gekennzeichnet, dass jedem der beiden Stellaggregate jeweils eine als Schubstange ausgebildete Lenkstange, vorzugsweise jeweils eine Gewindestange, und jeweils ein Rotations-Translationswandler, insbesondere jeweils eine Gewindemutter und jeweils dazwischen angeordnete Wälz- oder Rollkörpern, zugeordnet ist und dass beiden Stellaggregaten eine Verbindungseinrichtung zugeordnet ist, um die beiden Stellaggregate zu verbinden und bei Betätigung eines Stellaggregats über ein Verschieben der zwei verbundenen Lenkstangen die Lenkfunktion des Achslenkmoduls sicherzustellen.
33. Achslenkmodul nach Anspruch 32,  dadurch gekennzeichnet, dass die Verbindungseinrichtung eine elektromechanische Kupplung aufweist, die Kupplungsscheiben aufweist, die mit Innenringen von zwei Lagern, vorzugsweise Axial-Schräggugellagern, kraftschlüssig verbunden sind, die zur Aufnahme der auf die zwei Lenkstangen entstehenden Stellkräfte dienen und dass im unbestromten Zustand die beiden Kupplungsscheiben durch ein elastisches Mittel, vorzugsweise eine Druckfeder, gegeneinander gepresst werden und eine kraftschlüssige Verbindung zwischen den zwei Rotations-Translationswandlern der Stellaggregate herstellen.

34. Achslenkmodul nach Anspruch 32 oder 33,  
dadurch gekennzeichnet, dass ein bestimmter maximaler Verstellbereich der zwei Lenkstangen gegeneinander vorgegeben wird mittels mechanischer Anschläge, die nur einen bestimmten Lenkstangen-Differenzweg der zwei Lenkstangen relativ zueinander zulassen.
35. Achslenkmodul nach Anspruch 34,  
dadurch gekennzeichnet, dass zumindest ein Teilbereich der einen von den beiden Lenkstangen als eine Hohlwelle ausgebildet ist, die zwei Anschläge aufweist und dessen Hohlraum von einer mit der anderen Lenkstange verbundenen Koppelstange durchdrungen wird, die ein hohlwellenseitiges Endstück aufweist, das zwei innere Anschläge und zwei äußere Anschläge aufweist, die im Zusammenwirken mit zwei gegen die Anschläge abstützbaren Mitnehmerscheiben und einer an den Mitnehmerscheiben sich abstützenden Druckfeder nur einen bestimmten Lenkstangen-Differenzweg der zwei Lenkstangen relativ zueinander zulässt.
36. Achslenkmodul nach Anspruch 35,  
dadurch gekennzeichnet, dass bei geschlossener elektromechanischer Kupplung die Koppelstange eine Ausgangsstellung definiert, bei der die Druckfeder eine maximale Länge aufweist und sich durch die beiden Mitnehmerscheiben auf die zwei äußeren Anschläge der Koppelstange und die beiden Anschläge der Hohlwelle abstützt und dass bei geöffneter elektromechanischer Kupplung eine erste und eine zweite Endstellung definiert wird, welche den maximalen Lenkstangen-Differenzweg festlegen, wobei bei der ersten Endstellung die Druckfeder eine minimale Länge aufweist und sich durch die beiden Mitnehmerscheiben einerseits auf einen ersten Anschlag der Hohlwelle und andererseits auf einen zweiten äußeren Anschlag der Koppelstange abstützt und wobei bei der zweiten Endstellung die Druckfeder eine minimale Länge aufweist und sich durch die beiden Mitnehmerscheiben einerseits auf einen zweiten Anschlag der Hohlwelle und andererseits auf einen ersten äußeren Anschlag der Koppelstange abstützt.

**Fig. 1**

2 / 15

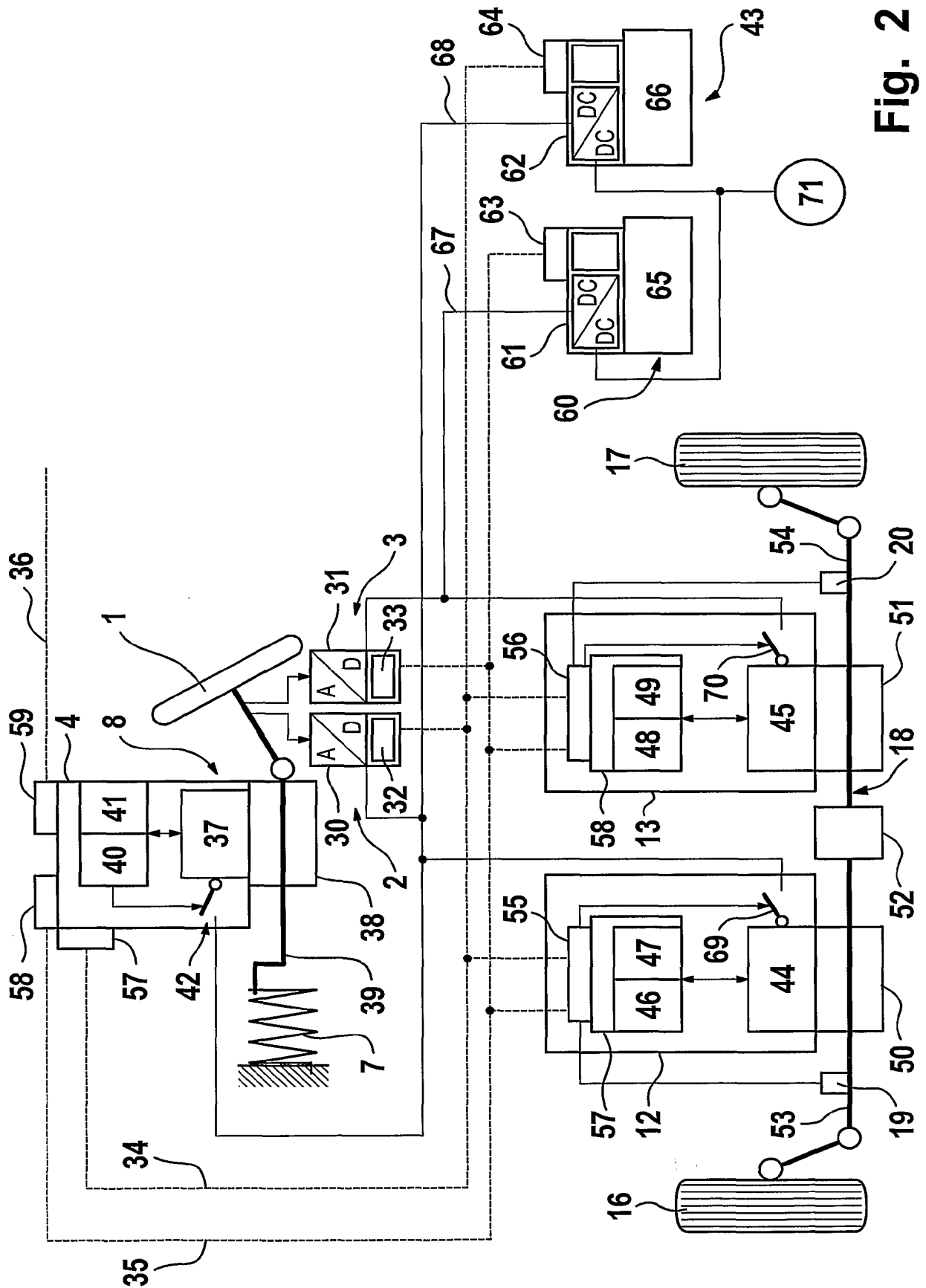


Fig. 2

3 / 15

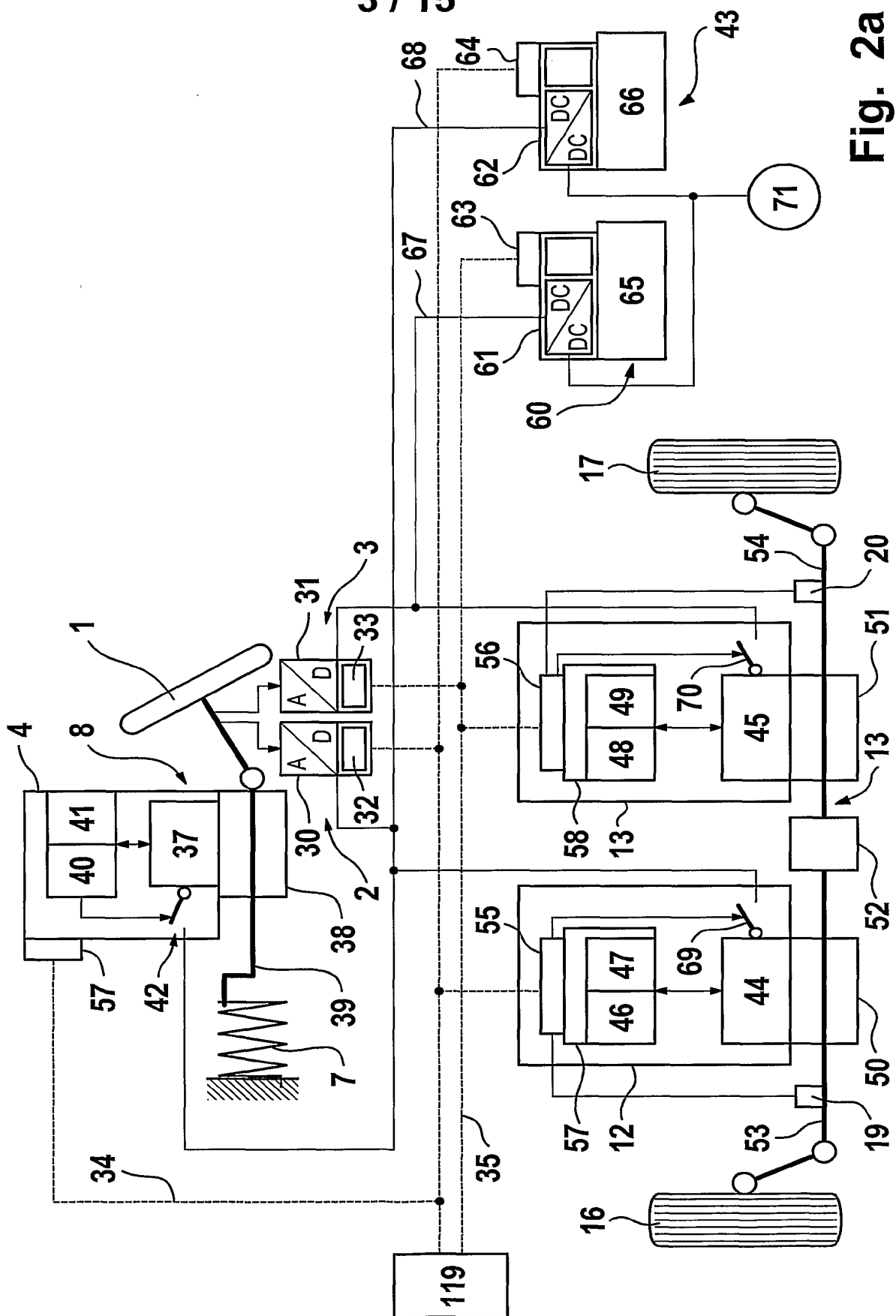
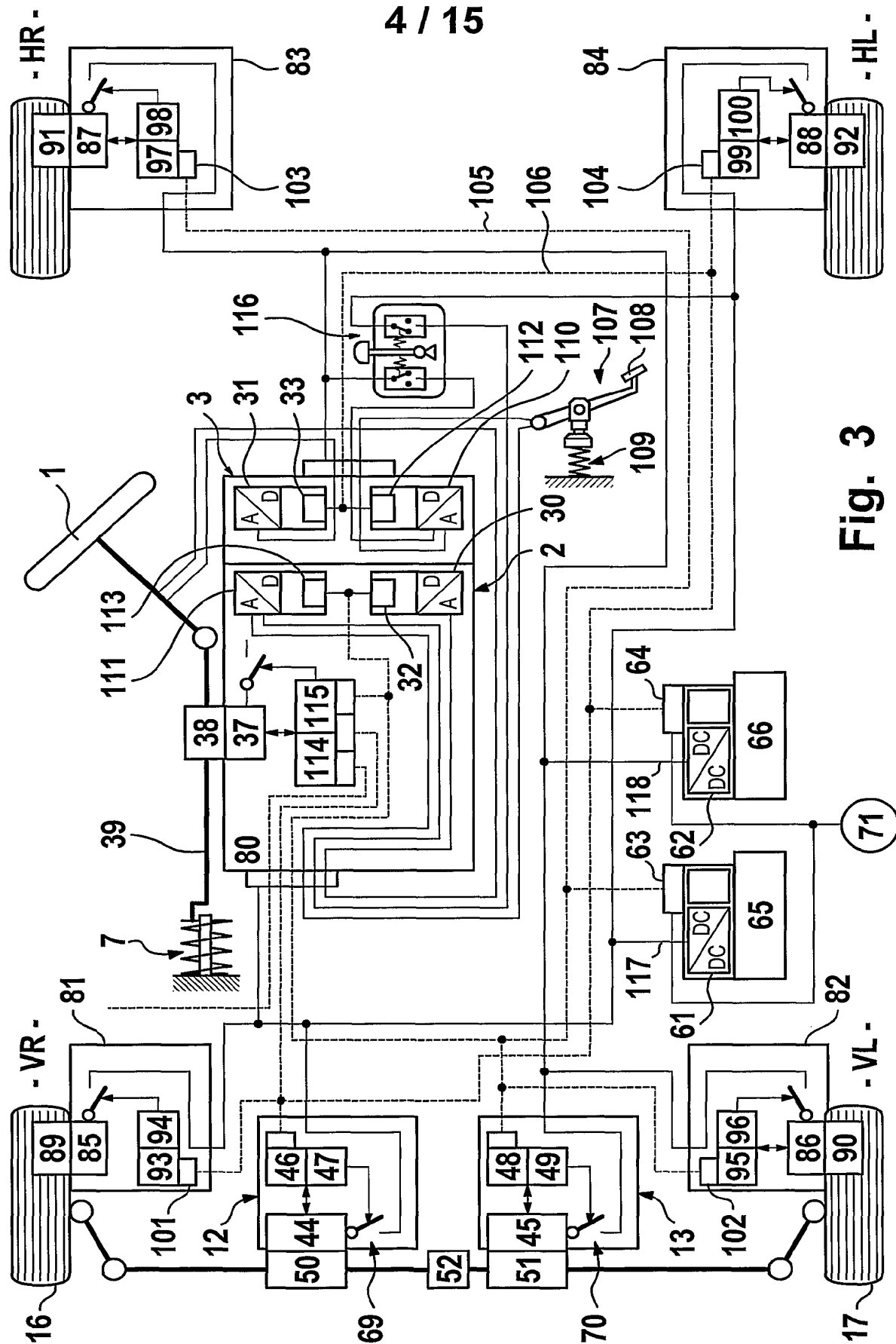
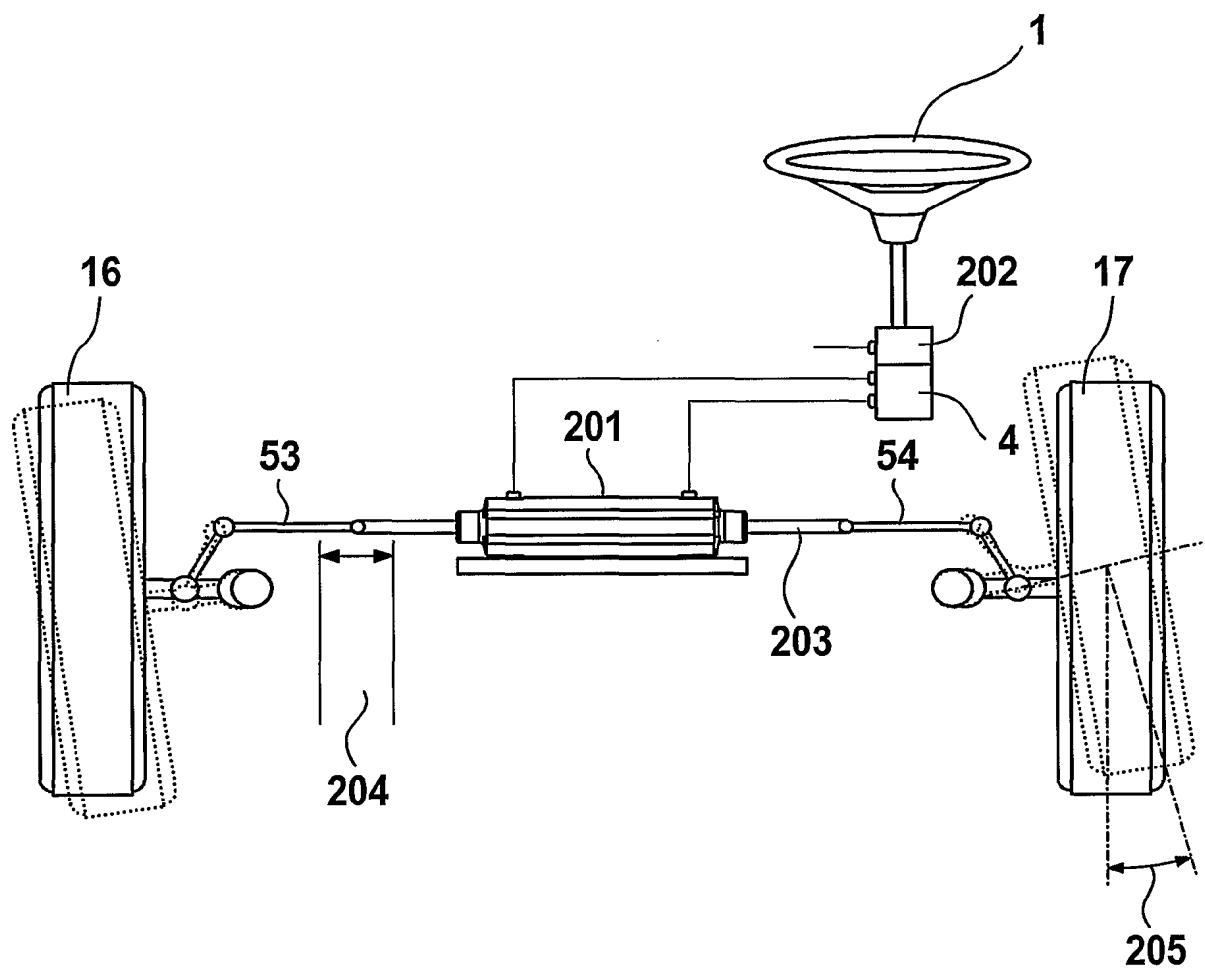


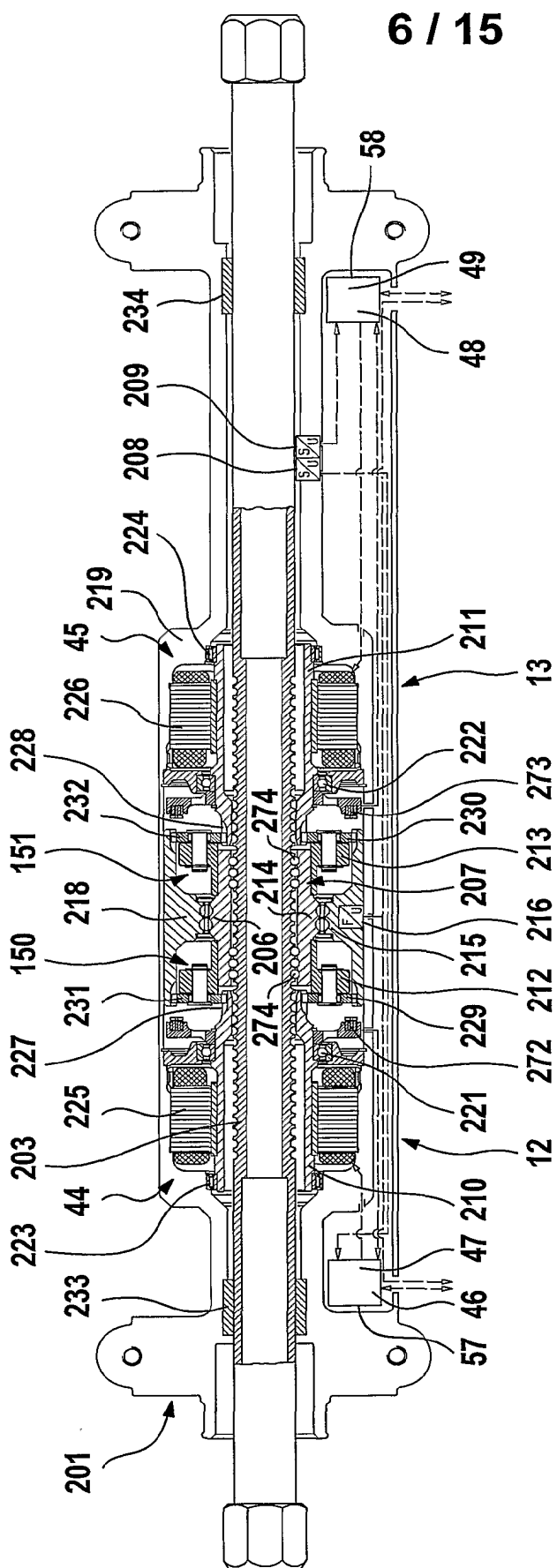
Fig. 2a



**Fig. 3**

5 / 15

**Fig. 4**



**Fig. 5**



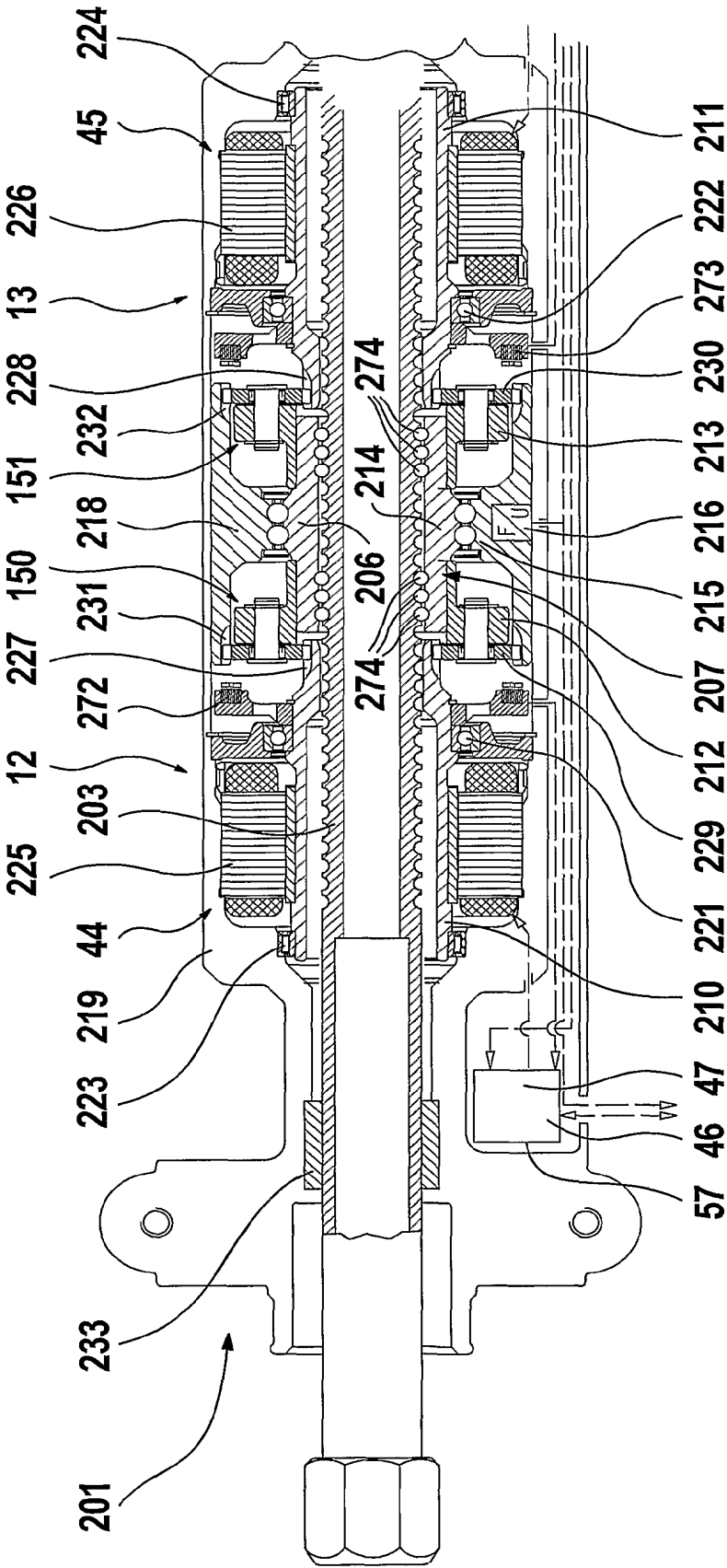


Fig. 6

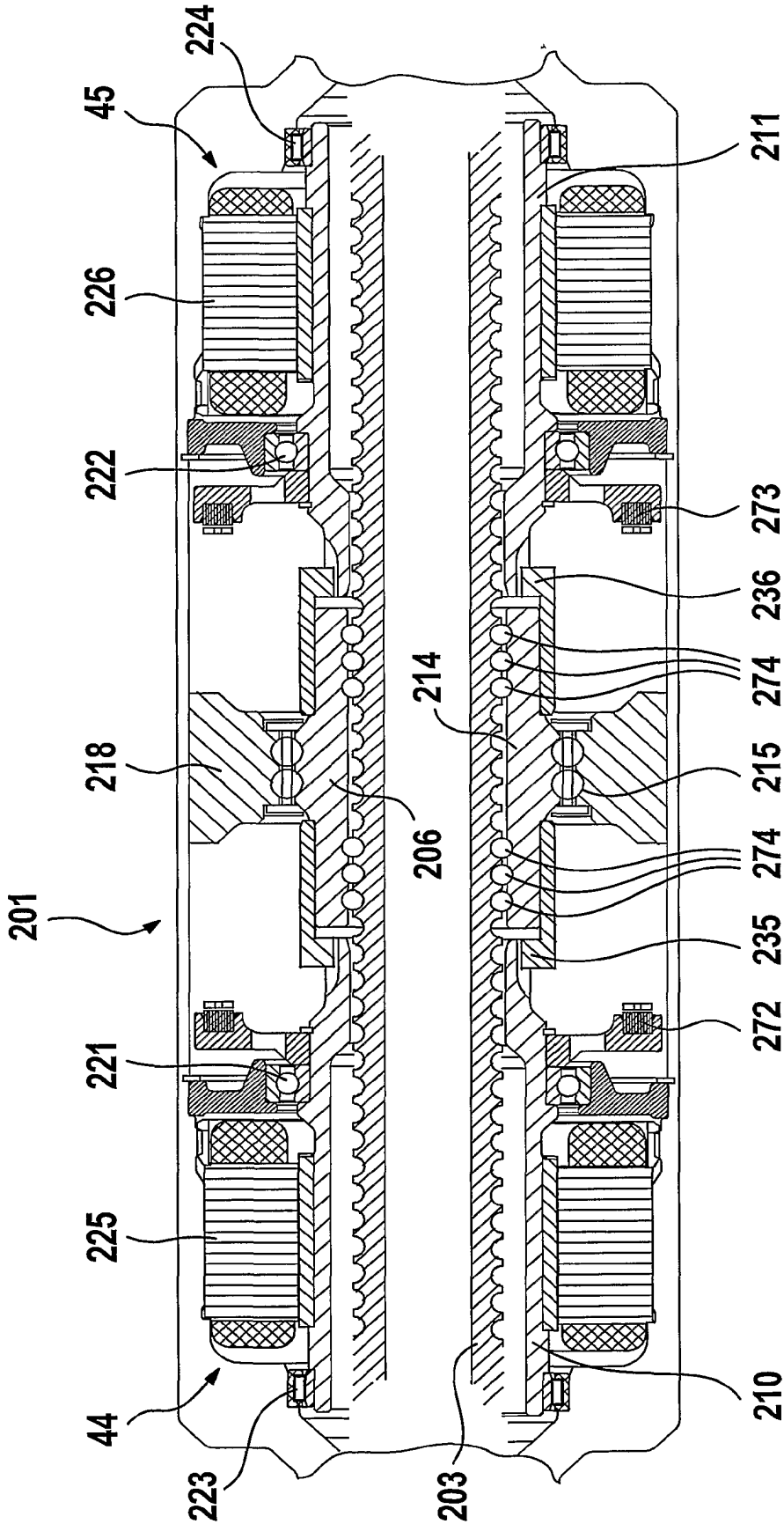


Fig. 7

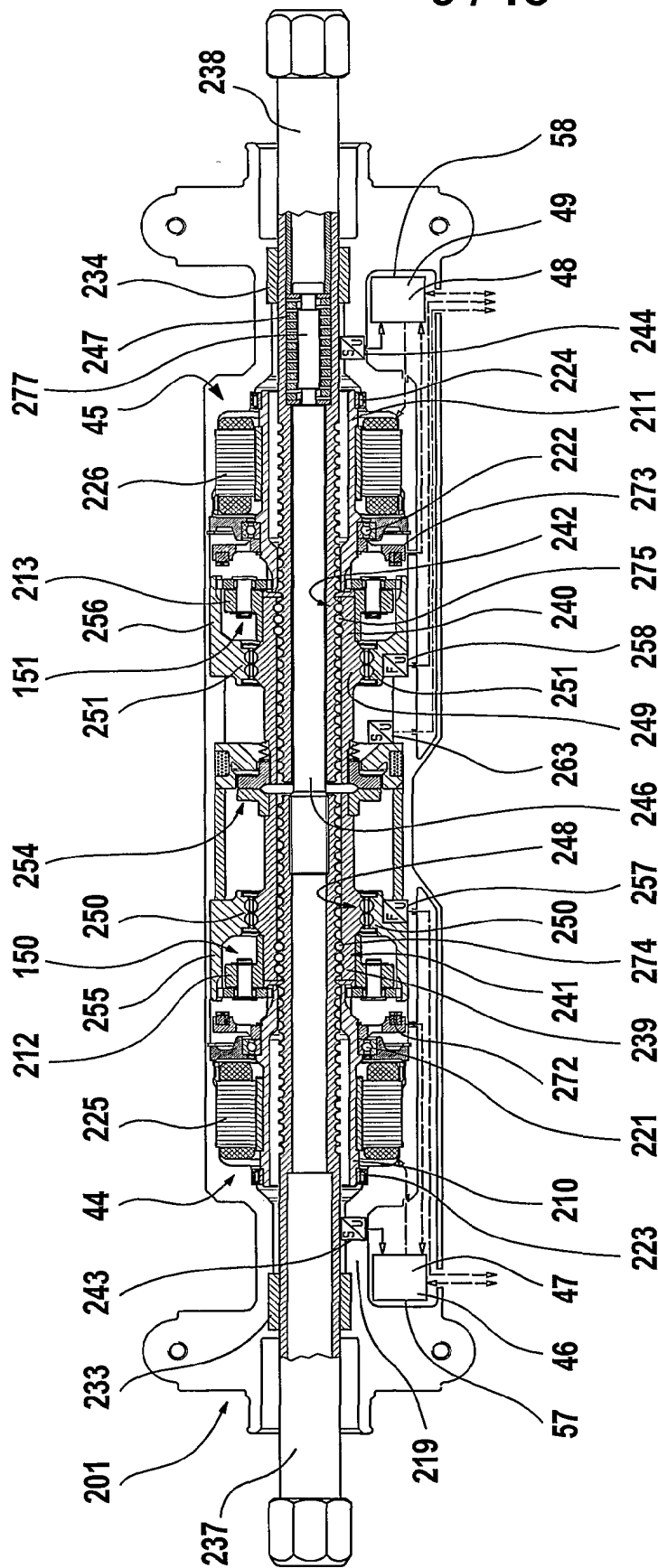


Fig. 8



11 / 15

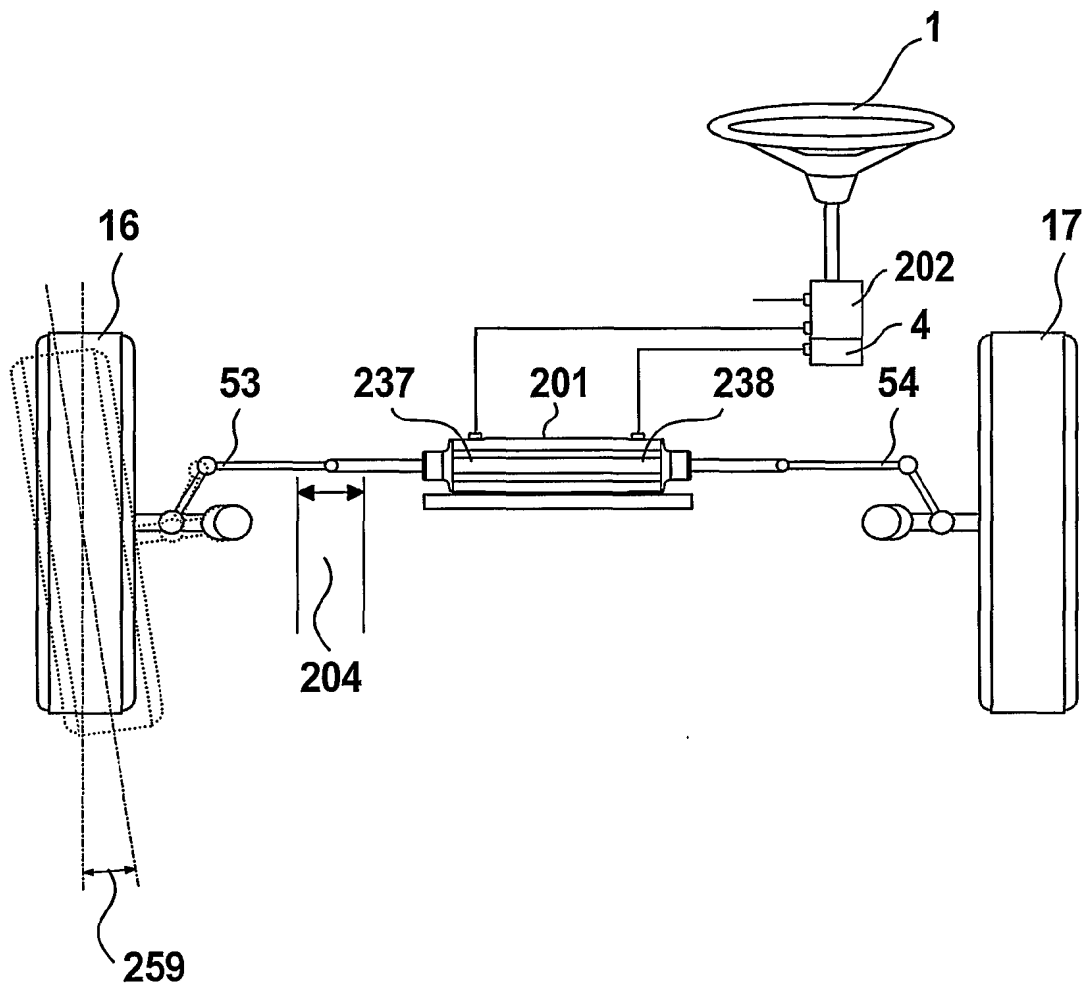


Fig. 10

12 / 15

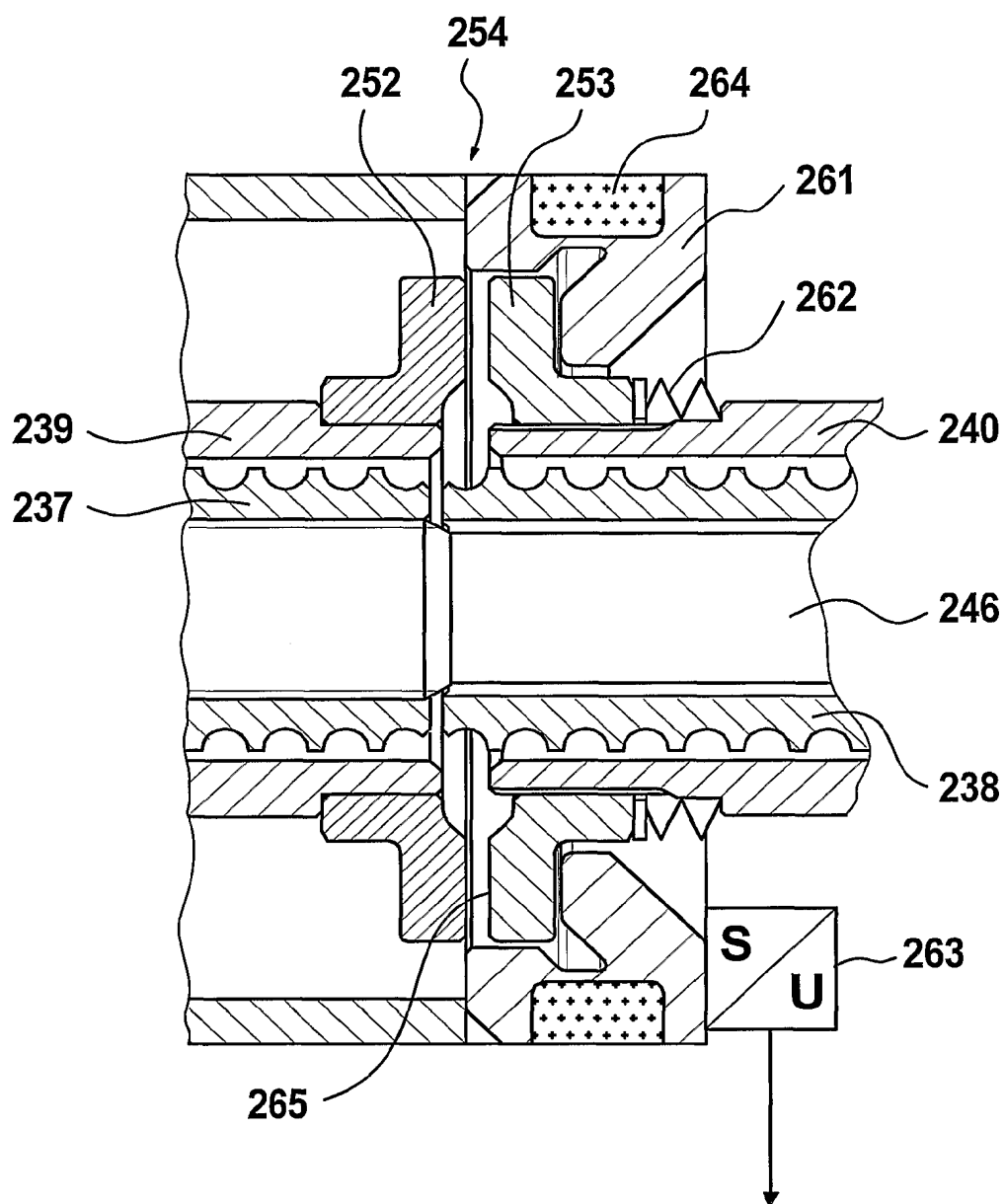
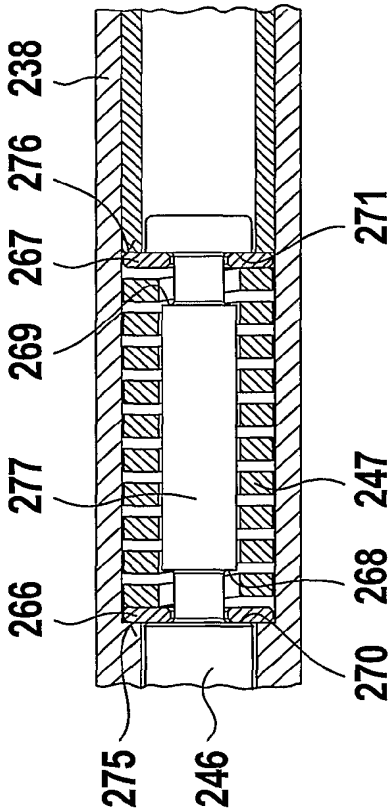
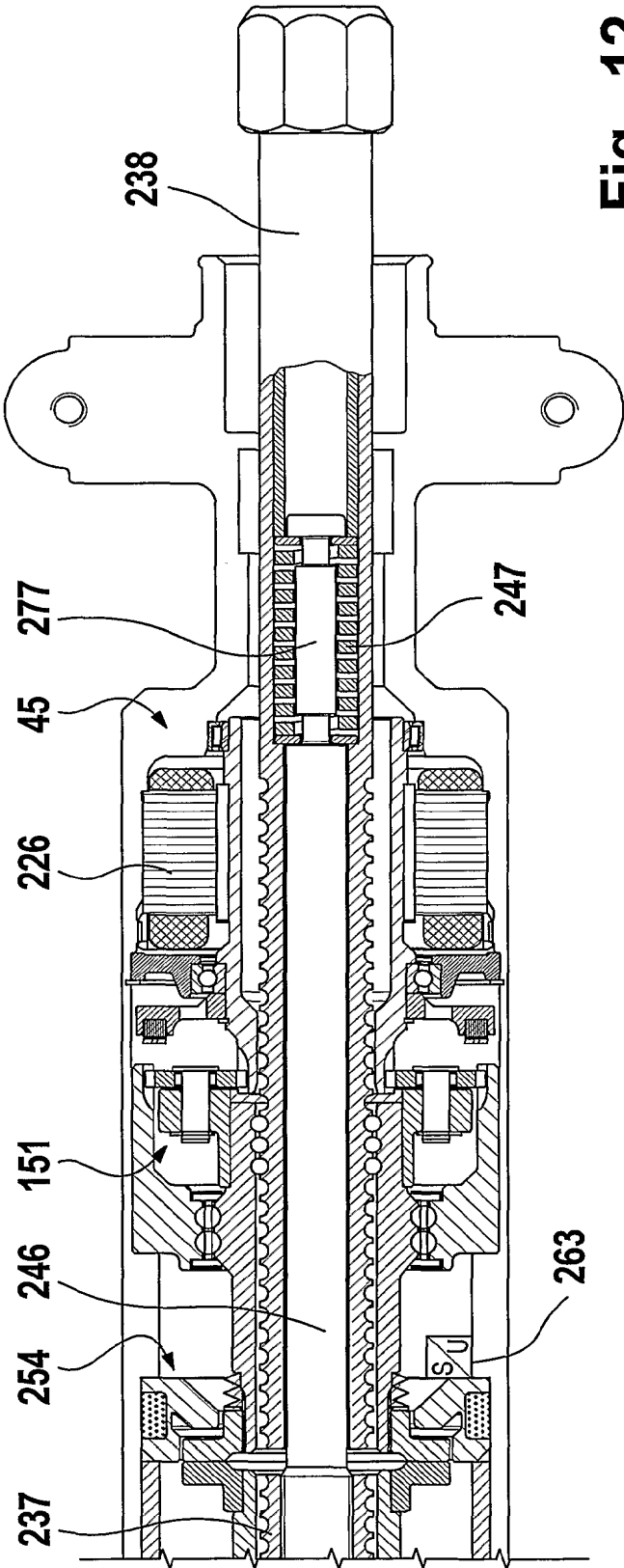


Fig. 11



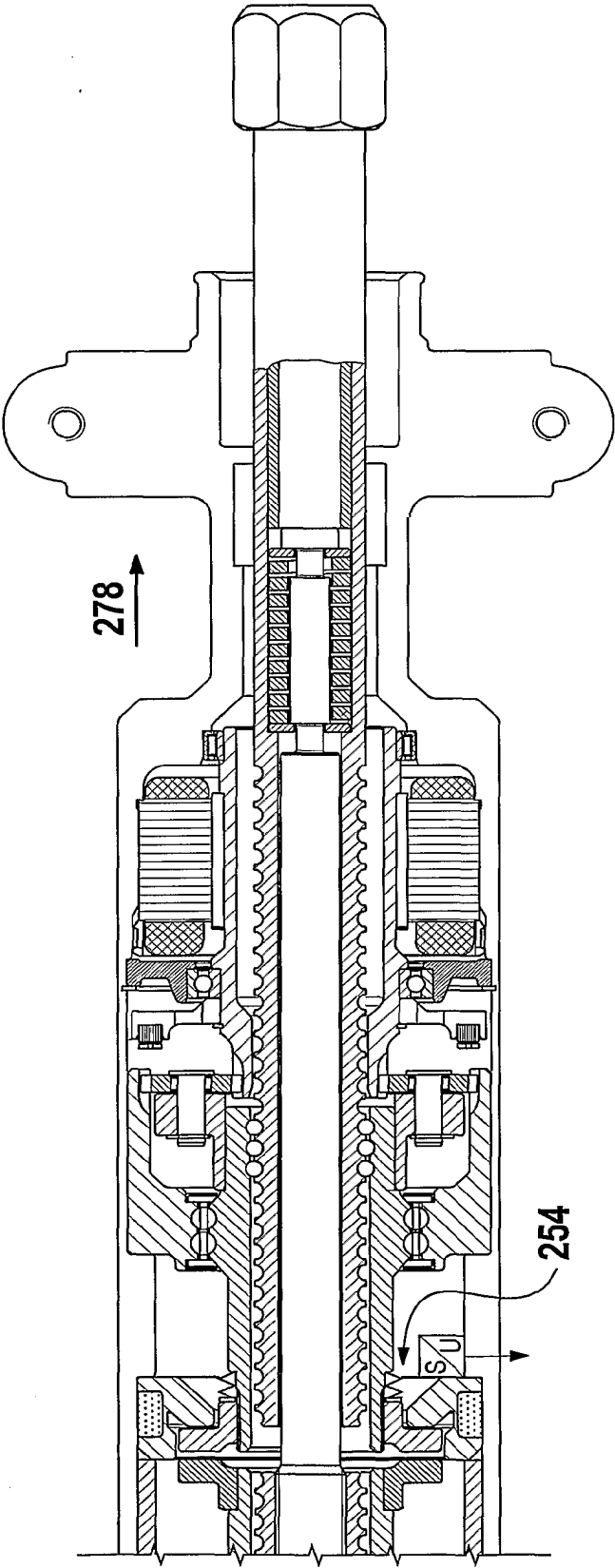


Fig. 13

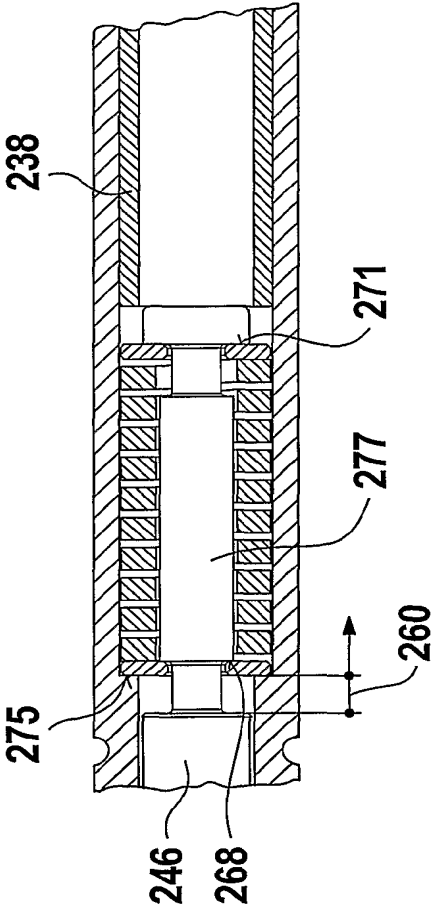


Fig. 13a



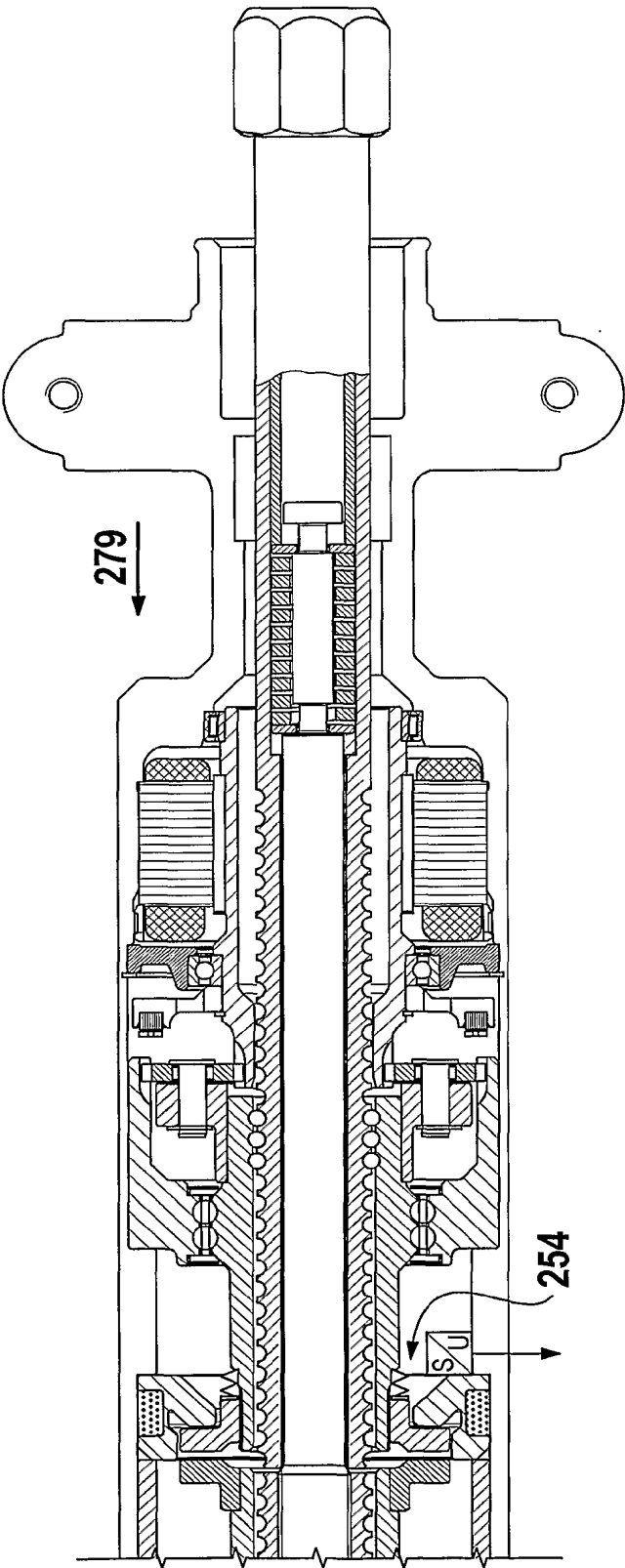


Fig. 14

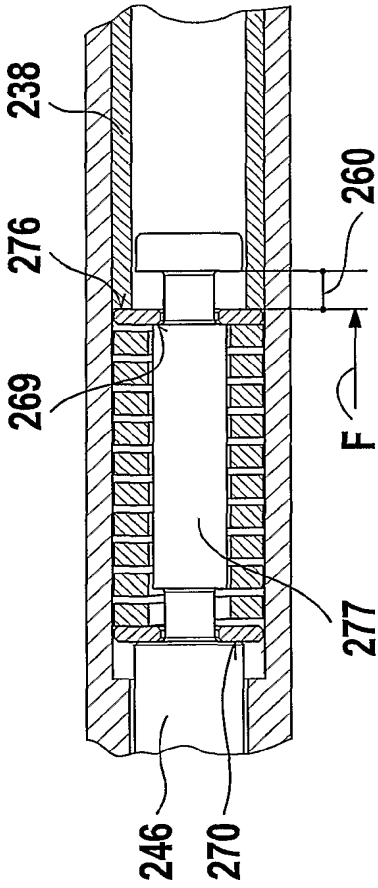


Fig. 14a